

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling –

Part 1: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801-1 and related standards

Spécification relative aux essais des câblages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information –

Partie 1: Câblages symétriques installés selon les spécifications de l'ISO/IEC 11801-1 et des normes connexes



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling –

Part 1: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801-1 and related standards

Spécification relative aux essais des câblages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information –

Partie 1: Câblages symétriques installés selon les spécifications de l'ISO/IEC 11801-1 et des normes connexes

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.120.10

ISBN 978-2-8322-7301-2

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.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	13
3 Terms, definitions and abbreviations	15
3.1 Terms and definitions.....	15
3.2 Acronyms.....	17
4 Reference measurement procedures for electrical properties.....	18
4.1 General.....	18
4.2 Common measurement considerations.....	19
4.2.1 Test equipment consideration	19
4.2.2 Network analyser test requirements	19
4.2.3 Test set-up	19
4.2.4 Termination of conductor pairs	19
4.2.5 Reference loads for calibration	20
4.2.6 Test configurations	20
4.2.7 Coaxial cables and test leads for network analysers	21
4.2.8 Balanced test leads	21
4.2.9 Balun requirements.....	22
4.2.10 Balunless.....	24
4.2.11 Network analyser measurement precautions.....	24
4.2.12 Data reporting and accuracy.....	25
4.2.13 Frequency step size.....	25
4.3 DC loop resistance.....	25
4.3.1 Objective	25
4.3.2 Test method	25
4.3.3 Test equipment and set-up	25
4.3.4 Procedure.....	26
4.3.5 Test report.....	26
4.3.6 Uncertainty	26
4.3.7 DC loop resistance recalculation.....	26
4.4 Direct current (DC) resistance unbalance.....	27
4.4.1 Objective	27
4.4.2 Test method	27
4.4.3 Test equipment and set-up	27
4.4.4 Procedure.....	27
4.4.5 Test report.....	28
4.4.6 Uncertainty	28
4.5 Direct current (DC) resistance unbalance between pairs	28
4.5.1 Objective	28
4.5.2 Test method	28
4.5.3 Test equipment and set-up	29
4.5.4 Procedure.....	29
4.5.5 Test report.....	29
4.5.6 Uncertainty	29
4.6 Insertion loss	29

4.6.1	Objective	29
4.6.2	Test method	30
4.6.3	Test equipment and set-up	30
4.6.4	Procedure.....	30
4.6.5	Temperature correction.....	31
4.6.6	Uncertainty	31
4.7	Propagation delay and delay skew	31
4.7.1	Objective	31
4.7.2	Test method	31
4.7.3	Test equipment and set-up	32
4.7.4	Procedure.....	32
4.7.5	Test report.....	32
4.7.6	Uncertainty	33
4.8	Near-end cross-talk (NEXT) and power sum NEXT	33
4.8.1	Objective	33
4.8.2	Test method	33
4.8.3	Test equipment and set-up	33
4.8.4	Procedure.....	34
4.8.5	Test report.....	35
4.8.6	Uncertainty	35
4.9	Attenuation to crosstalk ratio, near end (ACR-N) and power sum ACR-N	35
4.9.1	Objective	35
4.9.2	Test method	35
4.9.3	Test equipment and set-up	35
4.9.4	Procedure and calculation	35
4.9.5	Test report.....	35
4.9.6	Uncertainty	36
4.10	Far-end cross-talk (FEXT) and power sum FEXT	36
4.10.1	Objective	36
4.10.2	Test method	36
4.10.3	Test equipment and set-up	36
4.10.4	Procedure.....	37
4.10.5	Test report.....	38
4.10.6	Uncertainty of FEXT measurements.....	38
4.11	Attenuation to crosstalk ratio, far end (ACR-F).....	38
4.11.1	Objective	38
4.11.2	Calculation	38
4.11.3	Test report.....	39
4.11.4	Uncertainty	39
4.12	Return loss	39
4.12.1	Objective	39
4.12.2	Test method	39
4.12.3	Test equipment and set-up	39
4.12.4	Procedure.....	40
4.12.5	Test report.....	40
4.12.6	Uncertainty	40
4.13	PS alien near end crosstalk (PS ANEXT – Exogenous crosstalk)	41
4.13.1	Objective	41
4.13.2	Test method	41

4.13.3	Test equipment and set-up	41
4.13.4	Procedure.....	42
4.14	PS attenuation to alien crosstalk ratio, far end crosstalk (PS AACR-F – Exogenous crosstalk).....	44
4.14.1	Objective	44
4.14.2	Test method	44
4.14.3	Test equipment and set-up	44
4.14.4	Procedure.....	45
4.15	Unbalance attenuation, near end	48
4.15.1	Objective	48
4.15.2	Test method	48
4.15.3	Test equipment and set-up	48
4.15.4	Procedure.....	49
4.15.5	Test report.....	52
4.15.6	Uncertainty	52
4.16	Unbalance attenuation, far end	52
4.16.1	Objective	52
4.16.2	Test method	52
4.16.3	Test equipment and set-up	52
4.16.4	Procedure.....	53
4.16.5	Test report.....	54
4.16.6	Uncertainty	54
4.17	Coupling attenuation	54
5	Field test measurement requirements for electrical properties	54
5.1	Introductory remark.....	54
5.2	Cabling configurations tested	55
5.3	Field test parameters	55
5.3.1	General	55
5.3.2	Optional field test parameters.....	56
5.3.3	Inspection of workmanship and connectivity testing	56
5.3.4	Propagation delay and delay skew.....	58
5.3.5	Length	58
5.3.6	Insertion loss	59
5.3.7	NEXT, power sum NEXT.....	59
5.3.8	ACR-N and power sum ACR-N	60
5.3.9	ACR-F, power sum ACR-F	60
5.3.10	Return loss	60
5.3.11	Direct current (DC) loop resistance	60
5.3.12	Direct current (DC) resistance unbalance between pairs	60
5.3.13	Alien crosstalk parameters.....	60
5.4	Data reporting and accuracy	61
5.4.1	General	61
5.4.2	Detailed results	62
5.4.3	Summary results.....	62
5.4.4	Reporting requirements for power sum alien crosstalk	65
5.4.5	General	66
5.4.6	Consistency checks for field testers	66
5.4.7	Evaluation of consistency tests	66
5.4.8	Administration system applicability	67

5.4.9	Test equipment adapter cords for link testing.....	67
5.4.10	User cords and channel testing.....	67
6	Field tester measurement accuracy requirements	67
6.1	General.....	67
6.2	Measurement accuracy specifications common to level IIE, level III, level IIIE, level IV, level V and level VI field testers	72
6.3	Accuracy performance requirements for level IIE field testers	73
6.4	Accuracy performance requirements for level III field testers	75
6.5	Accuracy performance requirements for level IIIE field testers	77
6.6	Accuracy performance requirements for level IV field testers	78
6.7	Accuracy performance requirements for level V field testers	80
6.8	Accuracy performance requirements for level VI field testers	82
6.9	Field tester requirements applicable to alien crosstalk measurements.....	85
6.10	Procedures for determining field tester parameters	85
6.10.1	General	85
6.10.2	Output signal balance (OSB)	85
6.10.3	Common mode rejection (CMR).....	86
6.10.4	Residual NEXT	87
6.10.5	Dynamic accuracy	88
6.10.6	Source/load return loss.....	89
6.10.7	Random noise floor.....	89
6.10.8	Residual FEXT	89
6.10.9	Directivity	90
6.10.10	Tracking	91
6.10.11	Source match	91
6.10.12	Return loss of remote termination	92
6.10.13	Constant error term of the propagation delay measurement function.....	92
6.10.14	Error constant term proportional to propagation delay of the propagation delay measurement function	92
6.10.15	Constant error term of the delay skew measurement function	92
6.10.16	Constant error term of the length measurement function.....	93
6.10.17	Error constant proportional to the length of measurement function (assuming the cables are taken from the same drum)	93
6.10.18	Constant error term of the DC resistance measurement function	93
6.10.19	Error constant term proportional to DC resistance of the DC resistance measurement function	93
6.10.20	Measurement floor for alien crosstalk testing during field testing	93
6.11	Measurement error models	94
6.11.1	General	94
6.11.2	Error model for the insertion loss measurement function.....	95
6.11.3	Error model for the NEXT measurement function	95
6.11.4	Error model for the power sum NEXT measurement function	96
6.11.5	Error model for the ACR-N measurement function	96
6.11.6	Error model for the power sum ACR-N measurement function.....	97
6.11.7	Error model for the ELFEXT or ACR-F measurement function.....	97
6.11.8	Error model for the power sum ELFEXT and PS ACR-F measurement functions.....	98
6.11.9	Error model for the return loss measurement function.....	98
6.11.10	Error model for the propagation delay measurement function.....	99
6.11.11	Error model for the delay skew measurement function	100

6.11.12	Error model for the length measurement function.....	100
6.11.13	Error model for the DC loop resistance measurement function.....	100
6.12	Network analyser measurement comparisons	101
6.12.1	General	101
6.12.2	Comparison method.....	101
Annex A (informative)	Uncertainty and variability of field test results.....	103
A.1	General.....	103
A.2	Marginal results reporting	103
A.3	Nominal accuracy	103
A.4	Variability in link measurements not included in the measurement accuracy	104
A.5	Variability in channel measurements	104
A.6	Field tester accuracy checks.....	105
A.6.1	General	105
A.6.2	Manipulating cords of link adapter	105
A.6.3	Exchanging adapters to main and remote field tester units.....	105
A.6.4	Location of main and remote field tester units.....	105
A.6.5	Use of previously characterized links	105
A.6.6	Use separately characterized links using laboratory equipment	105
A.6.7	Guidelines for correct installation testing	106
Annex B (informative)	Reference laboratory test configuration for alien crosstalk testing	107
B.1	General.....	107
B.2	Test parameters.....	107
B.3	Link and channel construction.....	107
B.4	Determination of number of disturbing links or channels	109
B.5	Computation of results	109
B.5.1	General	109
B.5.2	Computation of Class I and Class II results.....	109
B.6	Test report	110
Annex C (informative)	General information on power sum alien crosstalk performance of installations	111
Annex D (informative)	Baluns.....	112
D.1	General.....	112
D.2	Legacy test baluns	112
Annex E (normative)	Requirements for field testing of alien crosstalk	115
E.1	General.....	115
E.2	Power sum alien crosstalk	115
E.2.1	Objective	115
E.2.2	Test method	115
E.2.3	Test equipment and set-up	115
E.2.4	Measuring ANEXT loss	116
E.2.5	Measuring AFEXT loss	116
E.2.6	Procedure.....	117
E.2.7	Selection of test ports	120
E.2.8	Test report.....	122
E.2.9	Uncertainty of PS alien crosstalk measurements.....	122
Bibliography		123

Figure 1 – Resistor load	19
Figure 2 – Reference planes for permanent link, CP link and channel	21
Figure 3 – 180° hybrid used as a balun	22
Figure 4 – Loop resistance measurement	26
Figure 5 – DC resistance unbalance measurement	28
Figure 6 – Insertion loss test configuration	30
Figure 7 – NEXT test configuration	33
Figure 8 – FEXT test configuration	37
Figure 9 – Return loss test configuration	40
Figure 10 – ANEXT measurement	42
Figure 11 – Alien far end crosstalk measurement	45
Figure 12 – Unbalance attenuation, near end test configuration	49
Figure 13 – Back-to-back balun differential mode insertion loss measurement	50
Figure 14 – Back-to-back balun common mode insertion loss measurement	50
Figure 15 – Unbalance performance test of the measurement balun	51
Figure 16 – Unbalance attenuation far end test configuration	53
Figure 17 – Correct pairing	57
Figure 18 – Incorrect pairing	58
Figure 19 – Example of equipment tolerance region (NEXT)	61
Figure 20 – Block diagram for measuring output signal balance	86
Figure 21 – Block diagram to measure common mode rejection	87
Figure 22 – Block diagram for measuring residual NEXT	88
Figure 23 – Block diagram for measuring dynamic accuracy	88
Figure 24 – Principle of measurement of residual NEXT	90
Figure 25 – Principle of alternate measurement of residual FEXT	90
Figure 26 – Alien crosstalk measurement floor test for the channel test configuration	94
Figure 27 – Alien crosstalk measurement floor test for the link test configurations	94
Figure A.1 – Source of variability during link testing	104
Figure D.1 – Configurations for qualifying test baluns	112
Figure D.2 – 180° hybrid used as a balun	113
Figure E.1 – Schematic diagram to measure channel ANEXT loss	116
Figure E.2 – AFEXT loss measurement test configuration	117
Figure E.3 – Flow chart of the alien crosstalk test procedure	121
Table 1 – Mixed mode S-parameter nomenclature	22
Table 2 – Test balun performance characteristics	23
Table 3 – Estimated uncertainty of unbalance, near end measurement	52
Table 4 – Estimated uncertainty of unbalance, far end measurement	54
Table 5 – Optional field test parameter measurement requirements	56
Table 6 – Summary of reporting requirements for field test equipment (1 of 3)	63
Table 7 – Minimum reporting requirements for PS ANEXT and PS AACR-F	66
Table 8 – Worst case propagation delay, delay skew, DC resistance and length measurement accuracy for level IIE, level III, level IV, level V, and VI test instruments	68

Table 9 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIE test instruments.....	69
Table 10 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level III test instruments.....	69
Table 11 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIIE test instruments.....	70
Table 12 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level IV test instruments.....	70
Table 13 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level V.....	71
Table 14 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class I).....	71
Table 15 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class II).....	72
Table 16 – Propagation delay, delay skew, DC resistance and length accuracy performance specifications for level IIE, III, IIIE, IV and V testers.....	72
Table 17 – Propagation delay, delay skew, DC resistance, DC resistance unbalance between pairs and length accuracy performance specifications for level VI testers.....	72
Table 18 – Level IIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	74
Table 19 – Level III field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	76
Table 20 – Level IIIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	77
Table 21 – Level IV field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	79
Table 22 – Level V field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	81
Table 23 – Level VI field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.....	83
Table D.1 – Legacy test balun performance characteristics.....	114

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR THE TESTING OF BALANCED AND
COAXIAL INFORMATION TECHNOLOGY CABLING –****Part 1: Installed balanced cabling as specified
in ISO/IEC 11801-1 and related standards**

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.

International Standard IEC 61935-1 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition, published in 2015. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the upper frequency goes up to 2 000 MHz;
- b) it introduces a new level of field tester (level VI to 2 000 MHz);
- c) error models and requirements for level VI testers are improved and updated.

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

FDIS	Report on voting
46/725/FDIS	46/730/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 61935 series, published under the general title *Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling*, 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 "<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 publication 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.

INTRODUCTION

Telecommunication cabling, once specified uniquely by each telecommunications application, has evolved into a generic cabling system. Telecommunications applications now use the ISO/IEC 11801-1 cabling standard to meet their cabling requirements. Formerly, connectivity tests and visual inspection were deemed sufficient to verify a cabling installation. Now users need more comprehensive testing in order to ensure that the link will support telecommunications applications that are designed to operate on the generic cabling system. This part of IEC 61935 addresses reference laboratory and field test methods and provides a comparison of these methods.

Transmission performance depends on cable characteristics, connecting hardware, patch cords and cross-connect cabling, the total number of connections and the care with which they are installed and maintained. IEC 61935 (all parts) provides test methods for installed cabling and pre-fabricated cable assemblies. These test methods, where appropriate, are based on those used for components of the cable assembly.

This Part 1 contains the test methods required for installed cabling. Part 1-1 provides requirements for the optional testing of TCL and ELTCTL. Part 1-2 provides requirements for the optional testing of resistance unbalance. Part 2 contains the test methods required for patch cords and work area cords.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

SPECIFICATION FOR THE TESTING OF BALANCED AND COAXIAL INFORMATION TECHNOLOGY CABLING –

Part 1: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801-1 and related standards

1 Scope

This part of IEC 61935 specifies reference measurement procedures for cabling parameters and the requirements for field tester accuracy to measure cabling parameters identified in ISO/IEC 11801-1.

This document applies when the cable assemblies are constructed of cables complying with IEC 61156 (all parts), and connecting hardware as specified in IEC 60603-7 (all parts) or IEC 61076-3-104, IEC 61076-3-110, IEC 61076-2-101 and IEC 61076-2-109. Where cables and/or connectors do not comply with these standards, then additional tests may be required.

This document is organized as follows:

- reference laboratory measurement procedures on cabling topologies are specified in Clause 4. In some cases, these procedures may be used in the field (see IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014);
- descriptions and requirements for measurements in the field are specified in Clause 5;
- performance requirements for field testers and procedures to verify performance are specified in Clause 6.

NOTE 1 This document does not include tests that are normally performed on the cables and connectors separately. These tests are described in IEC 61156-1 and IEC 60603-7 or IEC 61076-3-104, IEC 61076-3-110, IEC 61076-2-101 and IEC 61076-2-109, respectively.

NOTE 2 Wherever possible, cables and connectors used in cable assemblies, even if they are not described in IEC 61156 or IEC 60603-7, IEC 61076-3-104, IEC 61076-3-110, IEC 61076-2-101 and IEC 61076-2-109, are tested separately according to the tests given in the relevant generic specification. In this case, most of the environmental and mechanical tests described in this standard can be omitted.

This document relates to performance with respect to 100 Ω cabling. For 120 Ω or 150 Ω cabling, the same principles apply but the measurement system should correspond to the nominal impedance level.

Field tester types include certification, qualification and verification. Certification testing is performed for the rigorous needs of commercial/industrial buildings to this document. Qualification testing is described in IEC 61935-3. Qualification testing determines whether the cabling will support certain network technologies (e.g. 1000BASE-T, 100BASE-TX, 10G Base-T). Qualification testers do not have traceable accuracy to national standards and only provide confidence that specific applications will work. Verification testers only verify connectivity.

Throughout this document, 4-pair cabling is assumed. The test procedures described in this document may also be used to evaluate one or two pair balanced cabling. However, 2-pair cabling links that share the same sheath with other links are tested as 4-pair cabling.

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 60169-15, *Radio-frequency connectors – Part 15: R.F. coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 4.13 mm (0.163 in) with screw coupling – Characteristic impedance 50 ohms (Type SMA)*

IEC 60169-22, *Radio-frequency connectors – Part 22: R.F. two-pole bayonet coupled connectors for use with shielded balanced cables having twin inner conductors (Type BNO)*

IEC 60512-25-9, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 25-9: Signal integrity tests – Test 25i: Alien crosstalk*

IEC PAS 60512-27-200, *Connecteurs for electrical and electronic equipment – Tests and measurements – Part 27-200: Additional specifications for signal integrity tests up to 2 000 MHz on IEC 60603-7 series connectors – Tests 27a to 27g*

IEC 60603-7 (all parts), *Connectors for electronic equipment – Part 7: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors*

IEC 60603-7-71, *Connectors for electronic equipment – Part 7-71: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmission with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 60603-7-81, *Connectors for electronic equipment – Part 7-81: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 2 000 MHz*

IEC 60603-7-82, *Connectors for electronic equipment – Part 7-82: Detail specification for 8-way, 12 contacts, shielded, free and fixed connectors, for data transmission with frequencies up to 2 000 MHz*

IEC 61076-2-101, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-101: Circular connectors – Detail specification for M12 connectors with screw-locking*

IEC 61076-2-109, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-109: Circular connectors – Detail specification for connectors M12 × 1 with screw-locking, for data transmission frequencies up to 500 MHz*

IEC 61076-3-104, *Connectors for electrical and electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 2 000 MHz*

IEC 61076-3-110, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-110: Detail specification for free and fixed connectors for data transmission with frequencies up to 3 000 MHz*

IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*

IEC 61156-1, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification*

IEC TR 61156-1-2:2009, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-2: Electrical transmission characteristics and test method of symmetrical pair/quad cables*
IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014

IEC 61156-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 5: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification*

IEC 61156-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 6: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Work area wiring – Sectional specification*

IEC 61156-9, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 9: Cables for channels with transmission characteristics up to 2 GHz – Sectional specification*

IEC 61156-10, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 10: Cables for cords with transmission characteristics up to 2 GHz – Sectional specification*

IEC 61169-16, *Radio-frequency connectors – Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 7 mm (0,276 in) with screw coupling – Characteristics impedance 50 Ω (75 Ω) (type N)*

IEC 61935-1-1, *Specification for the testing of balanced communication cabling in accordance with ISO/IEC 11801 and coaxial information technology cabling – Part 1-1: Additional requirements for the measurement of transverse conversion loss and equal level transverse conversion transfer loss*

IEC 61935-1-2, *Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling – Part 1-2: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801 – Additional requirements for measurement of resistance unbalance with field test instrumentation*

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

IEC 62153-4-11, *Metallic communication cable test methods – Part 4-11: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation or screening attenuation of patch cords, coaxial cable assemblies, pre-connectorised cables – Absorbing clamp method*

IEC 62153-4-14, *Metallic communication cable test methods – Part 4-14: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation of cable assemblies (Field conditions) absorbing clamp method*

ISO/IEC 11801-1, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements*

ISO/IEC 14763-11, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 1: Administration*

ISO/IEC 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation*

¹ Withdrawn.

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*

3 Terms, definitions and abbreviations

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 11801-1 apply.

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

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1

cable assembly

combination of cable(s) and connector(s) with specified performance, used as a single unit intended to be a part of a cabling link as defined in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent)

Note 1 to entry: Examples are: patch cord, work area cord, link.

3.1.2

certification

measurements of installed cabling specified in ISO/IEC 11801-1 (e.g. Class D, Class E, Class E_A, Class F, Class F_A, Class I and Class II)

Note 1 to entry: This requires field testers with traceable accuracy to national standards.

3.1.3

comparative test

test that is performed to check the deviation between the results obtained with the reference test method and those obtained with another test set-up (i.e. field test equipment)

3.1.4

coupling attenuation

a ratio, in dB, of the differential power in the signal pairs to the power generated by the excited common mode currents

3.1.5

DC resistance

measure of the sum total of the DC resistance of the wires of a pair (refer to loop DC resistance)

3.1.6

delay skew

worst case value of the phase delay difference between any pair in the same cable assembly

3.1.7

electrical length

equivalent free-space length of the cable assembly

3.1.8

far-end cross-talk

FEXT

decrease in magnitude of power of a signal that propagates between disturbing and disturbed pairs contained within the same link measured at the far end

Note 1 to entry: When the power decrease is referenced to the near end of the disturbing pair, the characteristic is named input output crosstalk (IO FEXT).

Note 2 to entry: When the power decrease is referenced to the far end of the disturbing pair, the characteristic is named equal level far end crosstalk (ELFEXT).

Note 3 to entry: When the power decrease is referenced to the far end of the disturbed pair, the characteristic is named attenuation-to-crosstalk ratio, far end (ACR-F).

Note 4 to entry: FEXT is expressed in dB.

Note 5 to entry: ISO/IEC 11801-1 series documents replace the term ELFEXT with term ACR-F.

Note 6 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.9

near-end cross-talk

NEXT

near end measurement of square root of signal power coupling from one circuit to another within a cable assembly when a square root of signal power is fed and measured at the same end

Note 1 to entry: Near-end cross-talk is expressed in dB relative to the incident square root of signal power.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.10

nominal impedance

impedance for which the system is designed, the nominal impedance being purely resistive

3.1.11

output signal balance

OSB

ratio of the output common mode voltage to the output differential voltage generated by a source port

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.12

power sum NEXT

combined NEXT on a receiving pair from all disturbing links operating simultaneously

3.1.13

power sum ACR-F

combined ACR-F on a receiving pair from all disturbing links operating simultaneously

3.1.14

power sum ELFEXT

combined ELFEXT on a receiving pair from all disturbing links operating simultaneously

3.1.15

propagation delay

phase delay at each frequency in the frequency range of interest for the propagation of a transverse electromagnetic mode (TEM) wave between the reference planes of the cable assembly, expressed in nanoseconds per metre (ns/m)

3.1.16**qualification**

measurements of installed cabling for specific network technologies

Note 1 to entry: An example would be 100BASE-T, IEEE802.3, 1000BASE-T, 10 GBASE-T, IEEE 1394b.

3.1.17**reference plane**

reference position of the cabling under test or necessary mating connector at which the performance requirements are specified

3.1.18**reflection coefficient**

Γ

ratio of the complex square root of wave amplitude of the reflected wave to the complex square root of wave amplitude of the incident wave at a port or transverse cross section of a cable assembly when the cable assembly is terminated with its application or nominal impedances, Z_{nom}

$$\Gamma = \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (1)$$

3.1.19**return loss**

RL

ratio of the power delivered to a cable assembly terminated at the far end with its nominal characteristic impedance, to the reflected power at the input port of the cable assembly

$$RL = 20 \log \left(\frac{u_i}{u_r} \right) \quad \text{or} \quad RL = -20 \lg \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (2)$$

where

u_i is the incident voltage;

u_r is the reflection voltage.

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.20**unbalance attenuation**

ratio of the common mode square root of signal power to the differential mode square root of signal power in a pair due to unbalanced properties of the given pair

3.1.21**verification**

measurements of installed cable or cabling for continuity

Note 1 to entry: No other transmission performance parameters other than connectivity are measured.

3.2 Acronyms

AACR-F Attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end

ACR	Attenuation to crosstalk ratio
ACR-F	Attenuation to crosstalk ratio at the far-end
ACR-N	Attenuation to crosstalk ratio at the near-end
AFEXT	Alien far-end crosstalk (loss)
ANEXT	Alien near-end crosstalk (loss)
CP	Consolidation point
DC/d.c.	Direct current
EI	Equipment interface
ELTCTL	Equal level TCTL
ELFEXT	Equal level FEXT
EMC	Electromagnetic compatibility
ELTCTL	Equal level TCTL
FEXT	Far end crosstalk attenuation (loss)
LCL	Longitudinal to differential conversion loss
LCTL	Longitudinal to differential conversion transfer loss
NEXT	Near end crosstalk attenuation (loss)
NVP	Nominal velocity of propagation
PS AACR-F	Power sum attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end
PS AACR-F _{avg}	Average power sum attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end
PS ACR	Power sum ACR
PS ACR-N	Power sum attenuation to crosstalk ratio at the near-end
PS ACR-F	Power sum attenuation to crosstalk ratio at the far-end
PS AFEXT _{norm}	Normalized power sum alien far-end crosstalk (loss)
PS AFEXT	Power sum alien far-end crosstalk (loss)
PS ANEXT	Power sum alien near-end crosstalk (loss)
PS AFEXT _{norm}	Normalized power sum alien far-end crosstalk (loss)
PS ANEXT _{avg}	Average power sum alien near-end crosstalk (loss)
PS FEXT	Power sum FEXT (loss)
PS NEXT	Power sum NEXT (loss)
RL	Return loss
RFI	Radio frequency interference

4 Reference measurement procedures for electrical properties

4.1 General

Clause 4 describes reference measurement procedures for electrical parameters. The measurement procedures are intended to be used in a laboratory environment using laboratory equipment. In some cases, a measurement procedure may also be applicable for field testing. If this is the case, the procedure shall be specifically identified as being suitable for installed cabling testing and appropriate precautions shall be described.

Users of this document are advised to consult with applications standards, equipment manufacturers and system integrators to determine the suitability of these requirements for specific networking applications.

4.2 Common measurement considerations

4.2.1 Test equipment consideration

The reference measurement procedures that are described in this document require the use of a network analyser, RF transformers (baluns), twisted pair (TP) test leads and impedance matching terminations. Separate generator/receiver test instrumentation may also be used for some of the measurements. Other measurement procedures, which can be shown to yield equivalent results, may be used.

4.2.2 Network analyser test requirements

Usually the input and output terminals of a network analyser are unbalanced. RF transformers with balanced outputs (baluns) can be used with unbalanced signal connections to the network analyser. For balun test adapters, refer to IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014. Balun test adapters are particularly suitable for mixed mode measurements.

4.2.3 Test set-up

The test set-up shall be calibrated at the specified reference plane for the cabling under test before testing. Full one-port calibrations shall be used when making one-port (e.g. return loss) measurements, Full two-port calibration shall be used when making two-port measurements (e.g. insertion loss) measurements.

4.2.4 Termination of conductor pairs

During measurement, all conductor pairs of the cabling under test shall be terminated at both ends with impedance matching loads. For pairs under test, this is provided by the test instrumentation at one or both ends. For pairs not under test or not connected to test instrumentation, resistor loads or terminated baluns shall be applied.

Unless otherwise specified, the nominal differential mode impedance of the termination shall be 100 Ω for 100 Ω and 120 Ω cabling, and 150 Ω for 150 Ω cabling. The nominal common mode impedance shall be 50 $\Omega \pm 25 \Omega$, unless otherwise specified in the measurement procedure.

Resistor loads shall use resistors specified for $\pm 0,1$ % accuracy at DC and have a return loss of 46 dB up to 100 MHz and 40 dB up to maximum frequency. For pairs connected to a balun, common mode load is implemented by applying a load at the centre tap of the balun. The impedance of the load is equal to the common mode impedance. For pairs connected to other kinds of balancing devices (180° power splitters), common mode load is implemented by use of an attenuator at each of the balanced terminals of the balancing device. This method is also used if the centre tap is not available at the balun used. The attenuation provided by the attenuators shall be ≥ 6 dB (see Figure 3). The common mode impedance is approximately one fourth of the differential mode impedance for this implementation. For pairs connected to resistor loads, common mode load is implemented by the Y configuration shown in Figure 1.

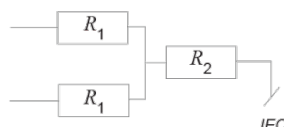


Figure 1 – Resistor load

where

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (3)$$

$$R_1 = 50 \, \Omega \pm 0,1 \, \%$$

and

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (4)$$

$$R_2 = 25 \, \Omega \pm 1 \, \%$$

where

R_{dif} is the differential mode resistance (Ω);

R_{com} is the common mode resistance (Ω).

For unscreened cabling, the common mode termination points for all pairs are connected together at either end of the cabling. For screened cabling, the common mode termination points are connected to the cable screen or screens at each end of the cabling.

NOTE Accuracy is dependent on the uses of equivalent calibration techniques.

4.2.5 Reference loads for calibration

To perform a one or two-port calibration of the test equipment, a short-circuit, an open circuit and an impedance matching termination are required. These devices shall be used to obtain a calibration at the reference plane.

The impedance matching termination shall be calibrated against a calibration reference, which shall be a 50 Ω load, traceable to a national reference standard. If the value of the reference load for calibration is 100 Ω , two loads in parallel shall be calibrated against the calibration reference. If the value of the reference load for calibration is 150 Ω , three loads in parallel shall be calibrated against the calibration reference. The reference loads for calibration shall be placed in an N type connector according to IEC 61169-16 or SMA type according to IEC 60169-15, meant for panel mounting, which is machined flat on the back side. The loads shall be fixed to the flat side of the connector, distributed evenly around the center conductor. A network analyser shall be calibrated, one port full calibration, with the calibration reference. Thereafter, the return loss of the reference loads for calibration shall be measured. The verified return loss shall be 46 dB up to 100 MHz and 40 dB up to maximum frequency.

4.2.6 Test configurations

The cabling configurations that are tested in the field are as follows (see Figure 2):

- Channel. The channel test configuration is intended to be used by system designers and users of data communication systems to verify the performance of the overall channel. The channel as defined in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent), includes up to 90 m of horizontal cable, a work area equipment cord, a telecommunications outlet/connector, an optional consolidation point connection close to the work area and two cross-connect connections in the floor distributor. The total length of work area, patch cords and jumpers shall not exceed 10 m. The connections to the equipment at each end of the channel are not included in the channel definition. The end-user patch cord shall be used to test channel performance.
- Permanent link. The permanent link test configuration is intended to be used by installers and users of data communication systems to verify the performance of permanently installed cabling. The permanent link distributor as defined in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent) consists of up to 90 m of horizontal cabling and one connection at each end. The permanent link excludes both the cable portion of the test cord of the test equipment and the connection to the test equipment, but may include the optional consolidation point.

- CP link. The CP link test configuration is intended to be used by installers and users of data communication systems to verify the portion of a permanent link between the floor distributor and consolidation point.

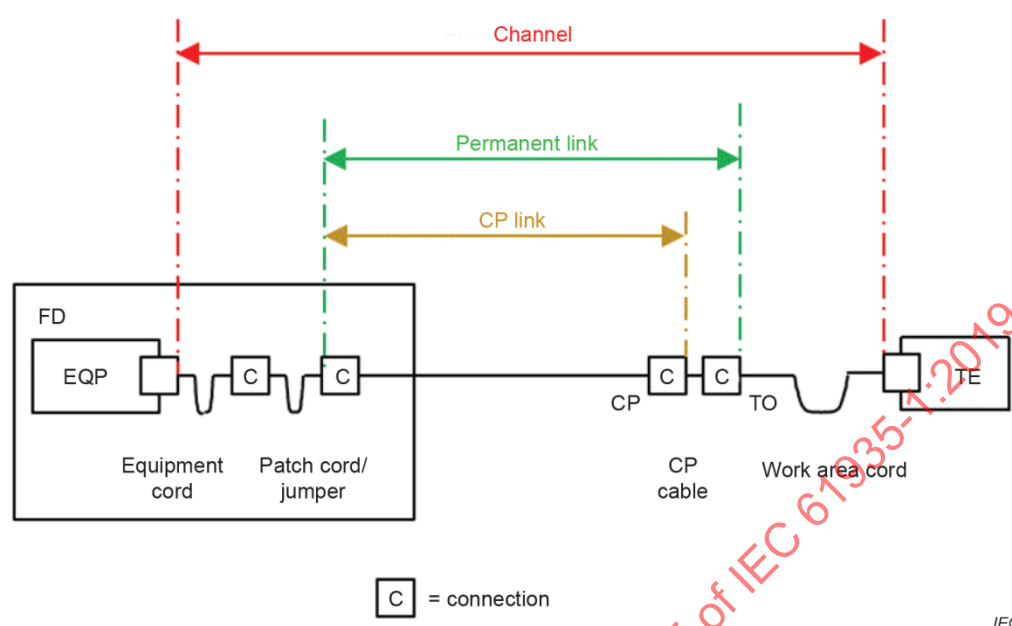


Figure 2 – Reference planes for permanent link, CP link and channel

The test configuration reference planes of a permanent link are at the end of the permanent link test cords where the cable enters the body of the plug attached to the test cords at the local end, and where the cable exits the body of the plug attached to the test cord at the remote end, which each mate with the permanent link under test. Practically, the reference plane of measurement should be within 5 mm from the reference plane definition when making measurements on a permanent link. The test configuration reference plane of a channel are at the end of the user patch cords where the cable enters the body of the plug attached to the user patch cord at the local end, and where the cable exits the body of the plug attached to the user patch cord at the remote end, which each mate with the channel adapter. Practically, the reference plane of measurement should be within 5 mm of the reference plane definition when making measurements on a channel.

4.2.7 Coaxial cables and test leads for network analysers

Coaxial cable assemblies between the network analyser and any test fixture should be as short as possible. (It is recommended that they do not exceed 600 mm each). The coaxial cables shall be double screened. The baluns (when used) shall be attached to a common ground plane.

4.2.8 Balanced test leads

Balanced test leads and associated connecting hardware to connect between the test equipment and the cable assembly under test shall be taken from components that meet or exceed the requirements for the category of the cable assembly under test. Balanced test leads shall be limited to a length of 50 mm between any test fixtures and the reference plane of the cabling under test. Pairs shall remain twisted between any test fixtures to where connections are made to the DUT to where connections are made, and unscreened balanced test leads shall be separated by 5 mm from any ground plane.

For balunless test adapters, refer to IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

The S-parameters of a mixed mode measurement consist of 16 terms for a single measurement path, providing the full matrix of common and differential parameters. The nomenclature is given by Table 1.

Table 1 – Mixed mode S-parameter nomenclature

		Differential mode stimulus		Common mode stimulus	
		Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
Differential mode response	Port 1	S_{DD11}	S_{DD12}	S_{DC11}	S_{DC12}
	Port 2	S_{DD21}	S_{DD22}	S_{DC21}	S_{DC22}
Common mode response	Port 1	S_{CD11}	S_{CD12}	S_{CC11}	S_{CD12}
	Port 2	S_{CD21}	S_{CD22}	S_{CC21}	S_{CC22}

4.2.9 Balun requirements

Depending on the test set-up, baluns are an optional element that may be required for measurements. In case baluns are used, the following applies:

The baluns may be balun transformers or 180° hybrids with attenuators to improve matching if needed (see Figure 3).

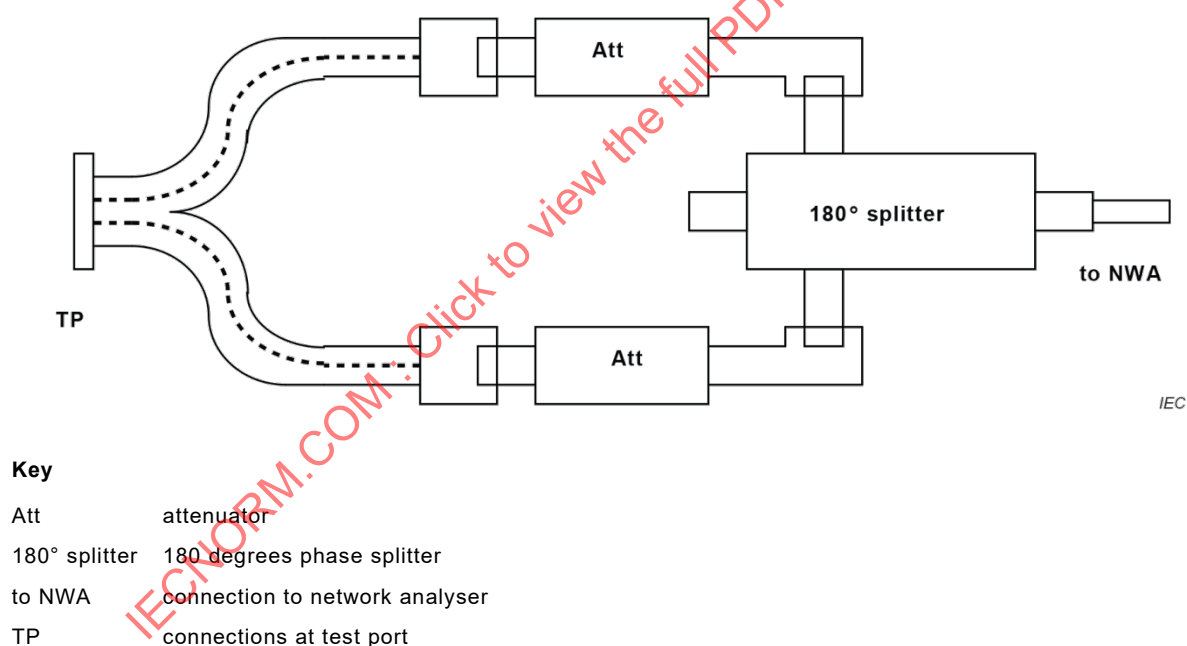


Figure 3 – 180° hybrid used as a balun

A balun is designated class A in the frequency range for which the class A requirements are met. A balun is designated class B in the frequency range for which the class B requirements are met. A balun may be class A in one frequency range and class B in another extended frequency range.

Class A baluns are preferred for verification of performance characteristics of all classes of cabling.

Class B baluns (see Annex D) may be used to verify performance of all classes of cabling, provided that the lower performance of the balun is taken into account in the measurement error calculation. Baluns shall be RFI shielded and shall comply with the requirements given in Table 2.

Table 2 – Test balun performance characteristics

Parameter	Class A 250 1 to 250 MHz	Class A 500 1 to 500 MHz	Class A 1000 1 to 1000 MHz	Class A 2000 1 to 2000 MHz
Impedance, primary^a	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced
Impedance, secondary	Matched balanced ^d	Matched balanced ^d	Matched balanced ^d	Matched balanced ^d
Insertion loss^e	3 dB maximum	2 dB maximum	3 dB maximum	3 dB, 1 MHz to 3 MHz 2 dB, 3 MHz to 15 MHz 2 dB, 15 MHz to 1 000 MHz 3 dB, 1 000 MHz to 2 000 MHz
Return loss secondary, minimum	20 dB	12 dB, 1 MHz to 15 MHz 20 dB, 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
Return loss, common mode^b, minimum	10 dB	15 dB, 1 MHz to 15 MHz 20 dB, 15 MHz to 400 MHz 15 dB, 400 MHz to 600 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 Watt minimum	0,1 Watt minimum	0,1 Watt minimum	0,1 Watt minimum
Longitudinal balance^c, minimum	60 dB	60 dB, 1 MHz to 100 MHz 50 dB, 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^c, minimum	50 dB	50 dB	60 dB, 4 MHz to 350 MHz 50 dB, 350 MHz to 600 MHz 40 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	ffs.
Common mode rejection^c, minimum	50 dB	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

- ^a Primary impedance may differ, if necessary, to accommodate analyser outputs other than 50 Ω .
- ^b Measured either 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. Or measured at the common-mode port – if available – while terminating the balanced port for differential and common mode.
- ^c Measured per ITU-T Recommendations G.117 and O.9.
- ^d 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.
- ^e In case separate attenuators are used, they shall be excluded from the insertion loss measurement.

NOTE Proper test for configurations for qualifying tests baluns to the requirements are given in Annex D.

Baluns according to Annex D may also be used where legacy compatibility is required.

4.2.10 Balunless

Where balunless techniques are used for measurement, the requirements are provided by IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

4.2.11 Network analyser measurement precautions

To assure a high degree of reliability for transmission measurements, the following precautions are required:

- a) the reference plane of the calibration shall coincide with the measurement reference plane; in case of differences, the magnitude of errors shall be determined;
- b) consistent and stable baluns (when used) and resistor loads shall be used for each pair throughout the test sequence (see 4.2.4);
- c) cable and adapter discontinuities, as introduced by physical flexing, sharp bends and restraints shall be avoided before, during and after the tests;
- d) the relative spacing of conductor pairs shall be preserved throughout the tests to the greatest extent possible;
- e) unscreened balanced cable test leads and interconnects shall remain separated from metallic surfaces, such as ground planes, and isolated from sources of electromagnetic interference (EMI);
- f) the balance of the cables is maintained to the greatest extent possible by consistent conductor lengths and pair twisting to the point of load;
- g) coaxial, balanced lead and printed line lengths shall be kept as short as possible so that resonance and parasitic effects are minimised;
- h) connections to the baluns (when used) and pins from IC socket interfaces shall be made in such a way that conductor movement resulting from connection of different pairs to the network analyser or test fixture shall produce minimal variability for repeated measurements on the same reference cable ($\pm 0,25$ dB or less is acceptable). Where practical, a rigid test fixture is recommended;
- i) overload conditions of the network analyser shall be avoided;
- j) the sensitivity to set-up variations for these measurements at high frequencies demands attention to detail for both the measurement equipment and the procedures. Data interpretation and application of the requirements is appropriate only if a satisfactory measurement repeatability of ± 1 dB or better is achieved;
- k) the accuracy of a network analyser is not negligible for measurements or correlations to field testers. This should be considered;
- l) shielded cables should be grounded by a low impedance connection to ground as close as possible to the ground plane.

4.2.12 Data reporting and accuracy

The measurement uncertainty shall be determined for each test. This shall be calculated by determining the uncertainty from each error source expressed as the resulting spread in the result. The values of the different error sources are based on instrumentation specifications, calculated errors from imperfect calibration loads and measurement experience. The overall estimated measurement uncertainty is calculated as two times the resulting spread coming from the different error sources. The resulting spread is calculated as:

$$\sigma_{\text{res}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (5)$$

where σ_1 to σ_n is the spread of the different error sources.

The overall measurement uncertainty is defined as $2\sigma_{\text{res}}$ which is approximately equivalent to a 95 % confidence level. A measurement uncertainty band is determined on both sides of the specified limit.

For Class FA and below, test results that are outside the uncertainty band are reported as either 'pass' or 'fail'. Test results that are inside the uncertainty band are reported as either '*pass' or '*fail' as appropriate. To which extent '*' results shall determine approval or disapproval of the cabling under test shall be defined in the relevant detail specification, or agreed on as a part of a contractual specification.

4.2.13 Frequency step size

Unless otherwise specified, if the test instrument measures at discrete frequencies, the frequency steps shall be no greater than:

- 150 kHz up to 31,25 MHz;
- 250 kHz from 31,25 MHz up to 100 MHz;
- 500 kHz from 100 MHz up to 250 MHz;
- 1 MHz from 250 MHz up to 6 00 MHz;
- 2 MHz from 600 MHz up to 2 000 MHz.

4.3 DC loop resistance

4.3.1 Objective

The objective of this test is to ensure the DC and low frequency continuity of the conductors.

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

4.3.2 Test method

Measurement of loop resistance shall be carried out on each pair at the near end after applying a short circuit between each wire of that pair at the far end.

4.3.3 Test equipment and set-up

A four terminal ohmmeter (see 4.4.2) suitable for low resistance measurements shall be used. The pairs at the far end of the cabling under test shall be short-circuited at the reference plane. The test set-up is shown in Figure 4.

4.3.4 Procedure

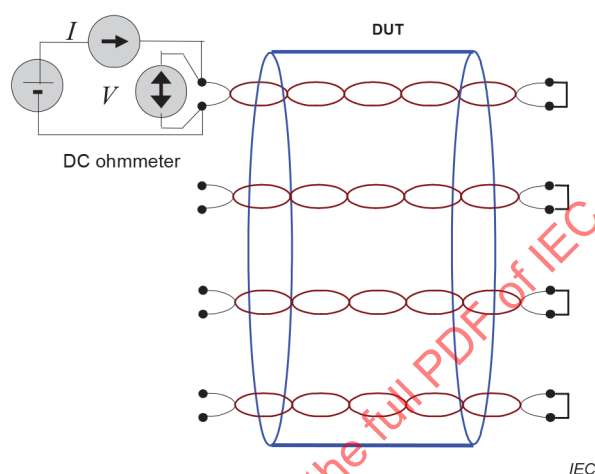
4.3.4.1 Calibration

The ohmmeter shall be calibrated for 0 Ω at the ends of the test leads. After calibration, the test leads shall be connected to the cabling at the measurement reference plane.

The calibration shall be done for 0,00 Ω to be able to measure 0,1 Ω.

4.3.4.2 Measurement

The loop resistance for all four pairs shall be measured.



Key

DUT device under test

V voltage applied to device under test

I current applied to device under test

Figure 4 – Loop resistance measurement

4.3.5 Test report

The measured value shall be reported for the pair with the highest resistance and this pair shall be identified. The highest resistance shall be compared to the requirement specification limits.

4.3.6 Uncertainty

The uncertainty of reference DC resistance measurements shall be less than 0,1 Ω in the range from 0 Ω to 50 Ω.

4.3.7 DC loop resistance recalculation

Measured value of the loop resistance should be recalculated at 20 °C by the following formula:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha_R (t - 20)} \quad (6)$$

where

R_{20} is the loop resistance at 20 °C, in °C;

R_t is the loop resistance, measured at t , in °C;

α_R is the temperature coefficient of resistance;

t is the temperature, at which the measurement was carried out, in °C.

4.4 Direct current (DC) resistance unbalance

4.4.1 Objective

The objective of this test is to ensure the DC resistance unbalance meets the requirements.

This test is applicable for laboratory testing. For installed cabling testing of resistance unbalance, see IEC 61935-1-2.

4.4.2 Test method

The test method is shown in Figure 5. The test configuration for one wire is shown. Measurement of resistance unbalance shall be carried out on each pair.

Each wire is measured and the DC resistance unbalance is the ratio of the difference of the DC resistance of each wire within a pair related to the sum of the DC resistance of each wire.

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \times 100 \quad (7)$$

where

ΔR is the resistance unbalance expressed in %.

4.4.3 Test equipment and set-up

A four terminal ohmmeter (see 4.4.2) suitable for low resistance measurements shall be used.

4.4.4 Procedure

4.4.4.1 Calibration

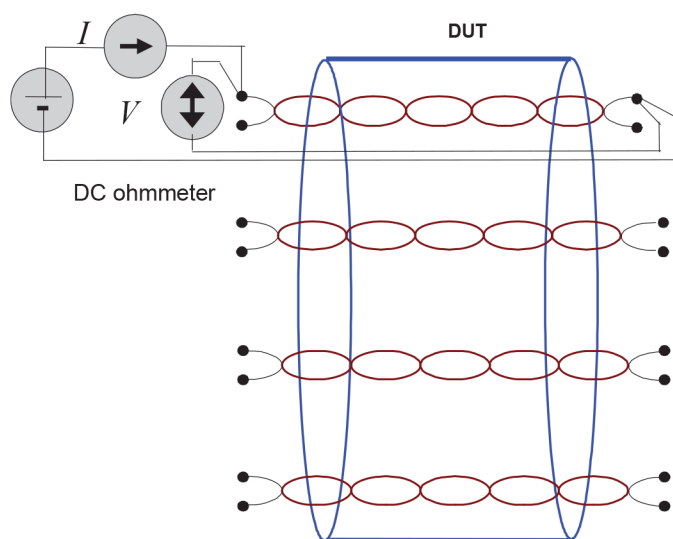
The ohmmeter shall be calibrated for 0 Ω at the ends of the test leads. After calibration, the test leads shall be connected to the cabling at the measurement reference plane.

The calibration shall be done for 0,000 Ω to be able to measure 0,01 Ω.

4.4.4.2 Measurement

Measure the DC resistance of each wire of a pair. Then calculate the DC resistance unbalance per Equation (7).

The DC resistance unbalance for all four pairs shall be measured.



Key

- DUT device under test
- V voltage applied to wire under test
- I current applied to wire under test

Figure 5 – DC resistance unbalance measurement

4.4.5 Test report

The measured value shall be reported for the pair with the highest resistance unbalance and this pair shall be identified. The highest resistance unbalance shall be compared to requirement specification limits.

4.4.6 Uncertainty

The uncertainty of DC resistance unbalance measurements shall be less than 0,3 % + 0,025 Ω in the range from 0 Ω to 50 Ω .

4.5 Direct current (DC) resistance unbalance between pairs

4.5.1 Objective

The objective of this test is to ensure the DC resistance unbalance between pairs meets the requirements.

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing. For installed cabling testing of resistance unbalance between pairs, see IEC 61935-1-2.

4.5.2 Test method

The test method is shown in Figure 5. The test configuration for one wire is shown. Measurement of resistance unbalance shall be carried out on each pair combination.

Each wire is measured for DC resistance and the DC resistance unbalance between pairs is the ratio of the difference of the parallel DC resistance of each pair related to parallel DC resistance of each other pair

$$\Delta R_{\text{Between pairs}} = \frac{\left| \left(\frac{R_{1A} \cdot R_{1B}}{R_{1A} + R_{1B}} \right) - \left(\frac{R_{2A} \cdot R_{2B}}{R_{2A} + R_{2B}} \right) \right|}{\left(\frac{R_{1A} \cdot R_{1B}}{R_{1A} + R_{1B}} \right) + \left(\frac{R_{2A} \cdot R_{2B}}{R_{2A} + R_{2B}} \right)} 100 \% \quad (8)$$

where

R_{1A} is the resistance of the first wire of pair 1 in Ω ;

R_{1B} is the resistance of the second wire of pair 1 in Ω ;

R_{2A} is the resistance of the first wire of pair 2 in Ω ;

R_{2B} is the resistance of the second wire of pair 2 in Ω ;

$\Delta R_{\text{Between pairs}}$ is the resistance unbalance between pairs expressed in %.

4.5.3 Test equipment and set-up

A four terminal ohmmeter (see 4.4.2) suitable for low resistance measurements shall be used.

4.5.4 Procedure

4.5.4.1 Calibration

The ohmmeter shall be calibrated for 0 Ω at the ends of the test leads. After calibration, the test leads shall be connected to the cabling at the measurement reference plane.

The calibration shall be done for 0,000 Ω to be able to measure 0,01 Ω .

4.5.4.2 Measurement

Measure the DC resistance of each wire of a pair. Then calculate the DC resistance unbalance between pairs.

The DC resistance unbalance between pairs for all six combinations of pairs shall be measured.

4.5.5 Test report

The measured value shall be reported for the pair combination with the highest resistance unbalance and this pair combination shall be identified. The highest resistance unbalance shall be compared to requirement specification limits.

4.5.6 Uncertainty

The uncertainty of DC resistance unbalance measurements shall be less than 0,7 % + 0,035 Ω in the range from 0 Ω to 50 Ω .

NOTE The accuracy shown is a minimal requirement to support the limits provided by system committees (and is not based on the worst case acceptable accuracy for DC loop resistance).

4.6 Insertion loss

4.6.1 Objective

The objective of this test is to measure the insertion loss of the cabling being tested.

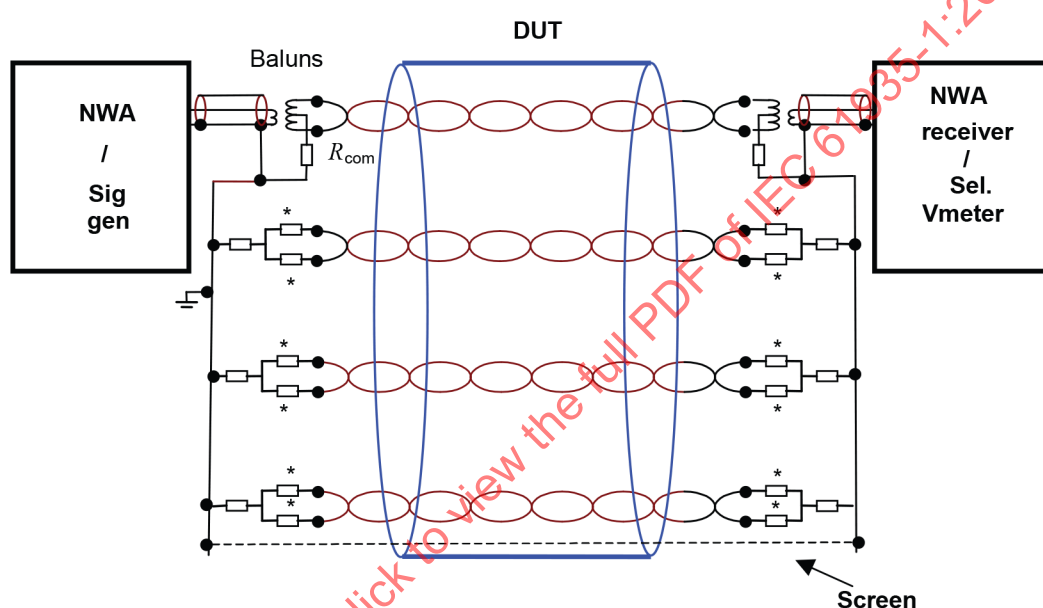
The test method is applicable to cabling in a laboratory environment. If insertion loss has to be measured for installed cabling using laboratory equipment, then a separate generator and receiver is required.

4.6.2 Test method

Insertion loss is measured by determining the signal loss of the device under test, referenced to the signal loss of a short connection between the test ports of the measuring instrument.

4.6.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in Figure 6 and the device under test shall be measured at the reference planes defined in Figure 2.



Key

DUT	device under test
NWA/Sig gen	signal generator of network analyser or signal generator
NWA receiver/Sel. Vmeter	receiver of network analyser or selective voltmeter
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance (optional in insertion loss test)
Baluns	baluns to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 6 – Insertion loss test configuration

4.6.4 Procedure

4.6.4.1 Calibration

A transmission (S_{21}) 2-port calibration shall be performed at the reference plane. This is carried out by applying a calibration cable between the terminals of the baluns and carrying out the appropriate calibration procedure.

4.6.4.2 Measurement

Calibrated insertion loss measurements of the cabling shall be performed. Each pair shall be measured. Pairs shall be terminated with loads according to 4.2.4 when not under test. The loads according to 4.2.4 shall be applied at the test cable pairs. Common mode loads are not needed for pairs not under test. Measurements shall be performed in the specified frequency range. The frequency step size shall be according to 4.2.13.

4.6.4.3 Test report

The measured results shall be reported in graphical or table format with the specification limits shown on the graphs or in the table at the same frequencies as specified in the relevant detail specification. Results for all pairs shall be reported. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the test limits.

4.6.5 Temperature correction

Insertion loss measurements should be conducted at the expected highest operating temperature of the cabling, which may be affected by DC power that is supplied over the cabling system.

If it is not possible to conduct the measurements at the expected highest operating temperature of the cabling, adjustments for insertion loss should be made based on the estimated difference of the expected highest operating temperature of the installation and the actual temperature at the time of measurement. This may be a critical issue when link lengths are near the maximum value.

The temperature coefficient for screened cabling is 0,2 %/°C. For unscreened cabling, the temperature coefficient is specified to be maximum 0,4 %/°C below between 20 °C and 40 °C and 0,6 %/°C between 40 °C and 60 °C, see IEC 61156-5, IEC 61156-6, IEC 61156-9 and IEC 61156-10.

4.6.6 Uncertainty

The uncertainty of reference insertion loss measurements for cabling shall be less than 0,5 dB.

4.7 Propagation delay and delay skew

4.7.1 Objective

The objective of this test is to measure propagation delay and delay skew of the cabling being tested.

The test method is applicable to cabling in a laboratory environment only. The reference test method cannot be used for installed cabling.

4.7.2 Test method

Propagation delay is measured by determining the phase delay of a signal transmitted through the cabling using Equation (9).

$$\delta = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (9)$$

where

δ is the phase delay in seconds;

φ is the phase in radians;

f is the frequency in Hertz.

Delay skew is calculated as the worst case difference of propagation delay for the pairs in the cabling.

4.7.3 Test equipment and set-up

The set-up is the same as for insertion loss measurements (see 4.6.3). Insertion loss and delay can be measured in the same test with one sweep if the network analyser can measure the complex scattering parameter, S_{21} .

4.7.4 Procedure

4.7.4.1 Calibration

See 4.6.4.1.

4.7.4.2 Measurement

See 4.6.4.2, but note that for this measurement a linear frequency sweep shall be applied. The frequency steps shall be made small enough to ensure that the phase shift from one measurement frequency to the next measurement frequency is less than 2π . In order to assure an adequate margin, the frequency steps shall be no greater than 1 MHz.

4.7.4.3 Calculation

Some network analysers give a readout of the continuous phase trace of the tested item. This readout can be directly inserted in Equation (10). It is usual for the network analyser to measure the phase in an interval of $\pm\pi$. As the ratio of phase versus frequency is a continuously decreasing function, 2π shall be subtracted from the measured phase every time there is a positive step in the measured phase versus frequency trace, therefore:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (10)$$

where

φ_f is the accumulated phase in degrees;

φ_m is the measured phase in degrees;

n is the number of times the measured phase has passed $-\pi$ during the measurement from the lowest frequency to the actual frequency f .

The propagation delay is calculated by applying Equation (9).

Delay skew is calculated as the difference between the measured propagation delays of the individual pairs.

4.7.5 Test report

Propagation delay and delay skew is reported at 10 MHz. Results at other frequencies shall be reported, if required in the relevant sectional specification.

4.7.6 Uncertainty

Uncertainty of reference propagation delay measurements shall be less than 2,5 ns in the range of 0 ns to 60 ns.

Uncertainty of reference delay skew measurements shall be less than 5 ns in the range of 0 ns to 600 ns.

4.8 Near-end cross-talk (NEXT) and power sum NEXT

4.8.1 Objective

The objective of this test is to determine the coupling between a signal applied at the near end of one pair to the signal received at the near end of a different pair.

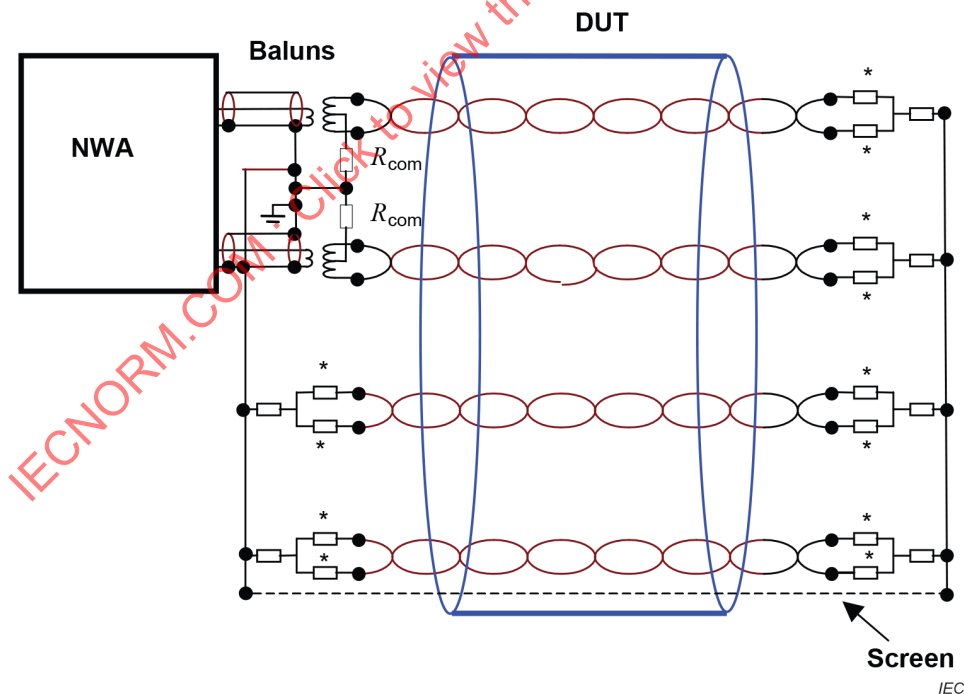
The test method is applicable to laboratory and installed cabling testing.

4.8.2 Test method

NEXT is measured by applying the signal at the near end of one pair and measuring the coupled signal at the near end of a different pair.

4.8.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in Figure 7 and the device under test shall be measured at the reference planes shown in Figure 2.



Key

DUT	device under test
NWA	network analyser
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance
Baluns	baluns to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 7 – NEXT test configuration

4.8.4 Procedure

4.8.4.1 Calibration

A transmission (S_{21}) calibration shall be performed at the reference plane.

Residual NEXT shall be determined by measuring the insertion loss between the test ports when the baluns are terminated with resistor loads according to 4.2.4. If the residual NEXT is closer than 30 dB to the measured NEXT, then isolation calibration shall be applied. The noise floor shall be measured in the same way. If the noise floor is closer than 30 dB from the measured NEXT, then the dynamic range shall be increased by increasing the test power and decreasing the measurement bandwidth, as appropriate. For cabling with high NEXT, this is not always possible, in which case the actual value of residual NEXT and noise floor shall be estimated in the calculation for uncertainty.

4.8.4.2 Measurement

Calibrated NEXT measurements of the cabling shall be performed. Each pair combination shall be measured from the near end and far end of the device under test. For four pair cabling, this is six measurements from each end, providing a total of twelve measurements. Pairs shall be terminated with loads in accordance with 4.2.4 when not under test. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.4. The device under test shall be terminated with a connector at the far end with loads at each pair. Pairs that are not used in the measurement shall have terminations at the near end. Loads at both ends shall provide differential and common mode terminations (see Figure 7). At each end, the screens shall be connected to the common mode ground port. Measurements shall be performed in the specified frequency range. The frequency step size shall be according to 4.2.13.

4.8.4.3 Calculation

NEXT is calculated from:

$$NEXT = NEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21i,k}| \quad (11)$$

where

$NEXT_{i,k}$ is the NEXT between the disturbing pair i and the disturbed pair k in dB.

Power sum NEXT shall be calculated based on the measured NEXT values.

The power sum NEXT to disturbed pair k $PSNEXT_k$ shall be calculated over the specified frequency range from:

$$PSNEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{\frac{-NEXT_{i,k}}{10}} \right) \quad (12)$$

where

$PSNEXT_k$ is the power sum of near-end cross-talk at the disturbed pair k in dB;

n is the number of pairs.

4.8.5 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported for reference measurements. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.8.6 Uncertainty

The uncertainty of reference NEXT measurements is defined to be valid at the pass/fail limit. The measurement accuracy shall be better than 1 dB at 100 MHz, 1,2 dB at 250 MHz, 2 dB at 1 000 MHz and 3 dB at 2 000 MHz. These accuracies are valid for both NEXT and power sum NEXT measurements.

NOTE If requirements for residual NEXT and noise floor cannot be achieved, the actual uncertainty can be calculated and reported (see 4.2.12).

4.9 Attenuation to crosstalk ratio, near end (ACR-N) and power sum ACR-N

4.9.1 Objective

The objective of this test is to determine the contribution to the signal-to-noise ratio from NEXT and insertion loss.

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

4.9.2 Test method

NEXT and insertion loss are measured and the ACR-N is computed from the NEXT and insertion loss measurements.

4.9.3 Test equipment and set-up

Refer to 4.6 and 4.8.

4.9.4 Procedure and calculation

Refer to 4.6 and 4.8.

The ACR-N of disturbed pair k to disturbing pair i is calculated from Equation (13):

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (13)$$

where

$ACRN_{i,k}$ is the ACR-N for disturbing pair i and disturbed pair k ;

$NEXT_{i,k}$ is the NEXT for disturbing pair i and disturbed pair k ;

IL_k is the insertion loss of disturbed pair k .

Power sum ACR-N shall be calculated based on the measured power sum NEXT values.

4.9.5 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported for reference measurements. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.9.6 Uncertainty

The uncertainty of ACR-N measurements is the calculated summed uncertainties of insertion loss and NEXT measurements and shall be calculated as shown in 4.2.11.

4.10 Far-end cross-talk (FEXT) and power sum FEXT

4.10.1 Objective

The objective of this test is to determine the coupling between a signal applied at the near end of one pair to the signal received at the far end on a different pair.

This test is applicable for cabling in a laboratory environment. If far end crosstalk has to be measured for installed cabling using laboratory equipment, then a separate generator and receiver shall be required.

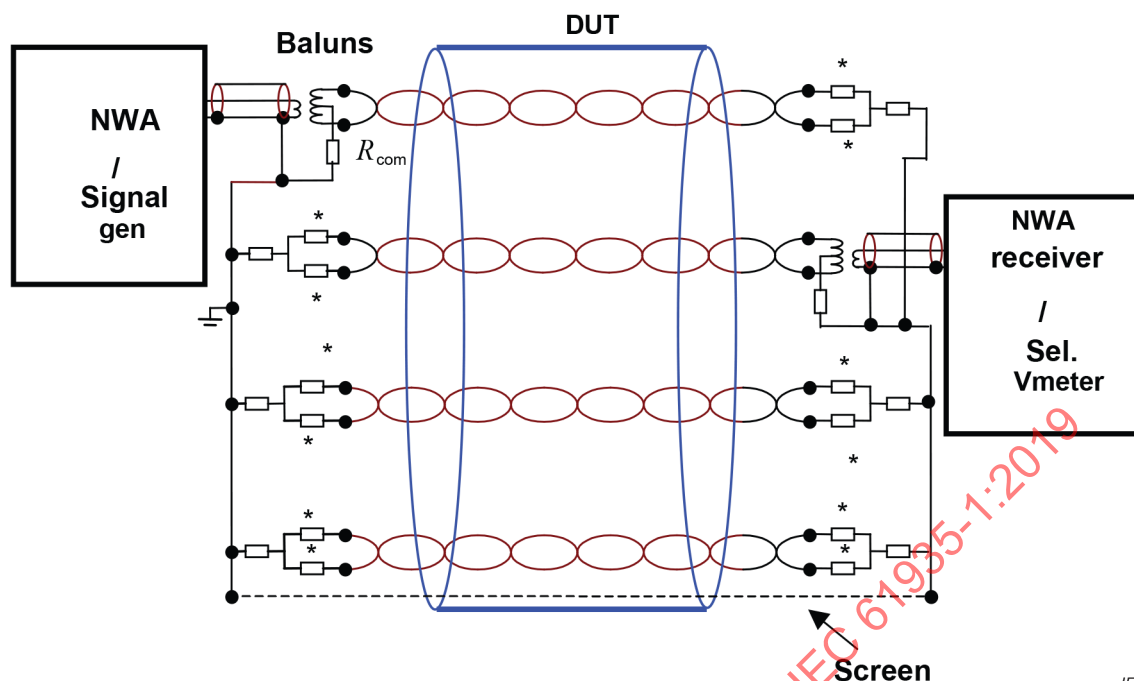
4.10.2 Test method

FEXT is measured by applying the signal to the near end of one pair and measuring the coupled signal at the far end of a different pair.

4.10.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in Figure 8 and the device under test shall be measured at the reference planes shown in Figure 2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019



IEC

Key

DUT	device under test
NWA / Signal gen	signal generator of network analyser or signal generator
NWA receiver / Sel Vmeter	receiver of network analyser or selective voltmeter
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance
Baluns	baluns to interface laboratory equipment and balanced cabling

NOTE A network analyser can be used after determining that a ground connection that exists inside the network analyser between source and load does not affect the result.

Figure 8 – FEXT test configuration**4.10.4 Procedure****4.10.4.1 Calibration**

The method of calibration is the same as for NEXT (see 4.8.4.1).

4.10.4.2 Measurement

FEXT measurements of the cabling shall be performed and each pair combination shall be measured. The generator shall be connected to one end of the cabling while the receiver shall be connected to the other end. It is not necessary to interchange generator and receiver as $S_{21} = S_{12}$. For four pair cabling, a total of 12 measurements are needed. Pairs shall be terminated as defined for NEXT measurements. Requirements for maximum frequency step size are also as for NEXT (see 4.2.13).

4.10.4.3 Calculation

The FEXT from disturbing pair i to disturbed pair k is calculated from:

$$FEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21i,k}| \quad (14)$$

where

$FEXT_{i,k}$ is the far-end cross-talk loss between the disturbing pair i and the disturbed pair k in dB.

Power sum FEXT shall be calculated based on the measured FEXT values.

The power sum to disturbed pair k shall be calculated over the specified frequency range.

$$PS FEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n \frac{10^{\frac{-FEXT_{i,k}}{10}}}{10} \right) \quad (15)$$

where

$PS FEXT_k$ is the power sum of far end crosstalk at the disturbed pair k in dB;

n is the number of pairs.

4.10.5 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.10.6 Uncertainty of FEXT measurements

The uncertainty of FEXT measurements is assumed to be approximately the same as for NEXT measurements.

4.11 Attenuation to crosstalk ratio, far end (ACR-F)

4.11.1 Objective

The objective of this test is to determine ELFEXT or ACR-F by calculation from the measured insertion loss and far-end cross-talk.

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

NOTE In Edition 3:2009 of IEC 61935-1, this parameter was described as: Equal level far end crosstalk (ELFEXT).

4.11.2 Calculation

ACR-F between disturbing pair i and disturbed pair k is calculated from the expressions:

$$ACR-F_{i,k} = FEXT_{i,k} - IL_k \quad (16)$$

where

- $ACR-F_{i,k}$ is the computed ACR-F between disturbing pair i and disturbed pair k in dB;
- $FEXT_{i,k}$ is the measured far-end cross-talk loss between disturbing pair i and disturbed pair k in dB;
- IL_k is the measured insertion loss of disturbed pair k in dB.

For four pair cabling, there are 12 ACR-F results.

Power sum ACR-F to disturbed pair k is calculated from the expression:

$$PS\ ACR-F_k = PS\ FEXT_k - IL_k \quad (17)$$

where

- $PS\ ACR-F_k$ is the calculated power sum ACR-F to pair k in dB;
- $PS\ FEXT_k$ is power sum FEXT in dB from disturbed pair k (measured and calculated) in dB;
- IL_k is the measured insertion loss in dB of the disturbed pair k .

4.11.3 Test report

See 4.9.5.

4.11.4 Uncertainty

The uncertainty ACR-F measurements are the calculated summed uncertainties of insertion loss and FEXT measurements and shall be calculated as shown in 4.2.11.

4.12 Return loss

4.12.1 Objective

The objective of this test is to measure the return loss of the cable assembly.

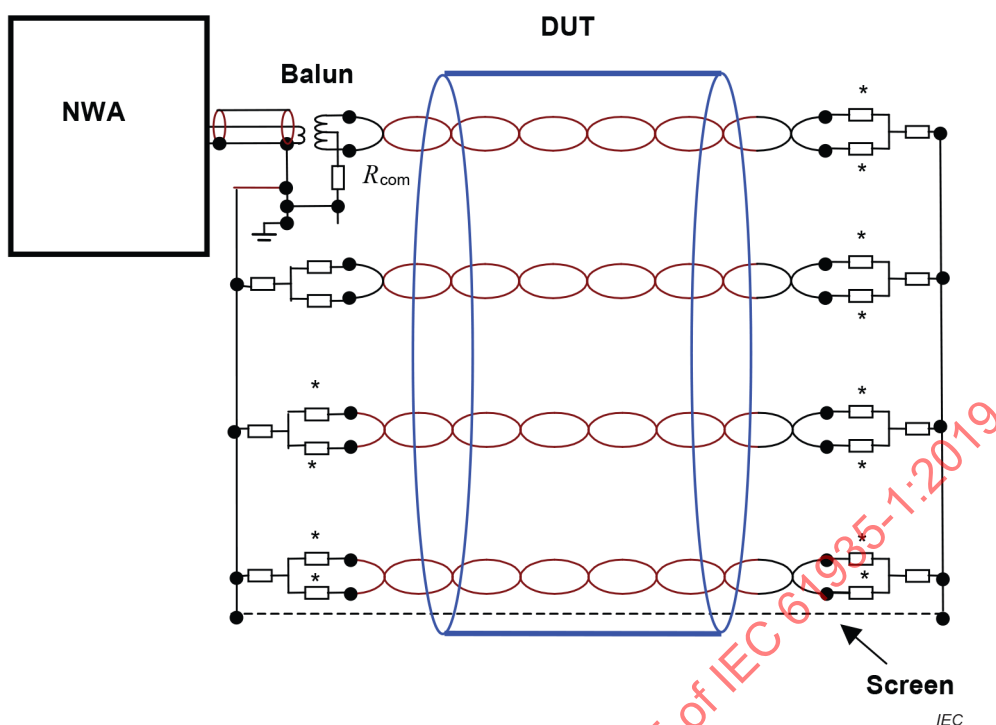
This test is applicable to cabling in a laboratory environment and for installed cabling.

4.12.2 Test method

Return loss is calculated by measuring the input impedance of the cabling, which is terminated in the far end by a load of the specified nominal impedance according to 4.2.4.

4.12.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in Figure 9. The device under test shall be measured at the reference planes shown in Figure 2.



Key

DUT	device under test
NWA	network analyser with S-parameter test set
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance (optional in return loss tests)
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 9 – Return loss test configuration

4.12.4 Procedure

4.12.4.1 Calibration

A full one port (S_{11}) calibration shall be performed at the reference plane.

4.12.4.2 Measurement

Each pair shall be measured. The far end of the cabling shall be terminated with loads according to 4.2.4, which are integrated into a connector, which mates with the far end connector of the cabling. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.4. The frequency step size shall be according to 4.2.13. Return loss for both ends of the cabling shall be measured.

4.12.5 Test report

The measured results shall be reported in tabular or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pairs shall be reported.

4.12.6 Uncertainty

The uncertainty is specified at the performance limit (the pass/fail limit).

The uncertainty of return loss measurements shall be better than 1 dB up to 250 MHz, 2 dB up to 1 000 MHz and 3 dB up to 2 000 MHz.

NOTE The accuracy of the reference load used for calibration is the dominant error source.

4.13 PS alien near end crosstalk (PS ANEXT – Exogenous crosstalk)

4.13.1 Objective

The objective of this test is to determine the PS ANEXT of the cabling. This test is applicable to cabling in a laboratory environment and for installed cabling. A sample laboratory reference measurement assembly is described in Annex B.

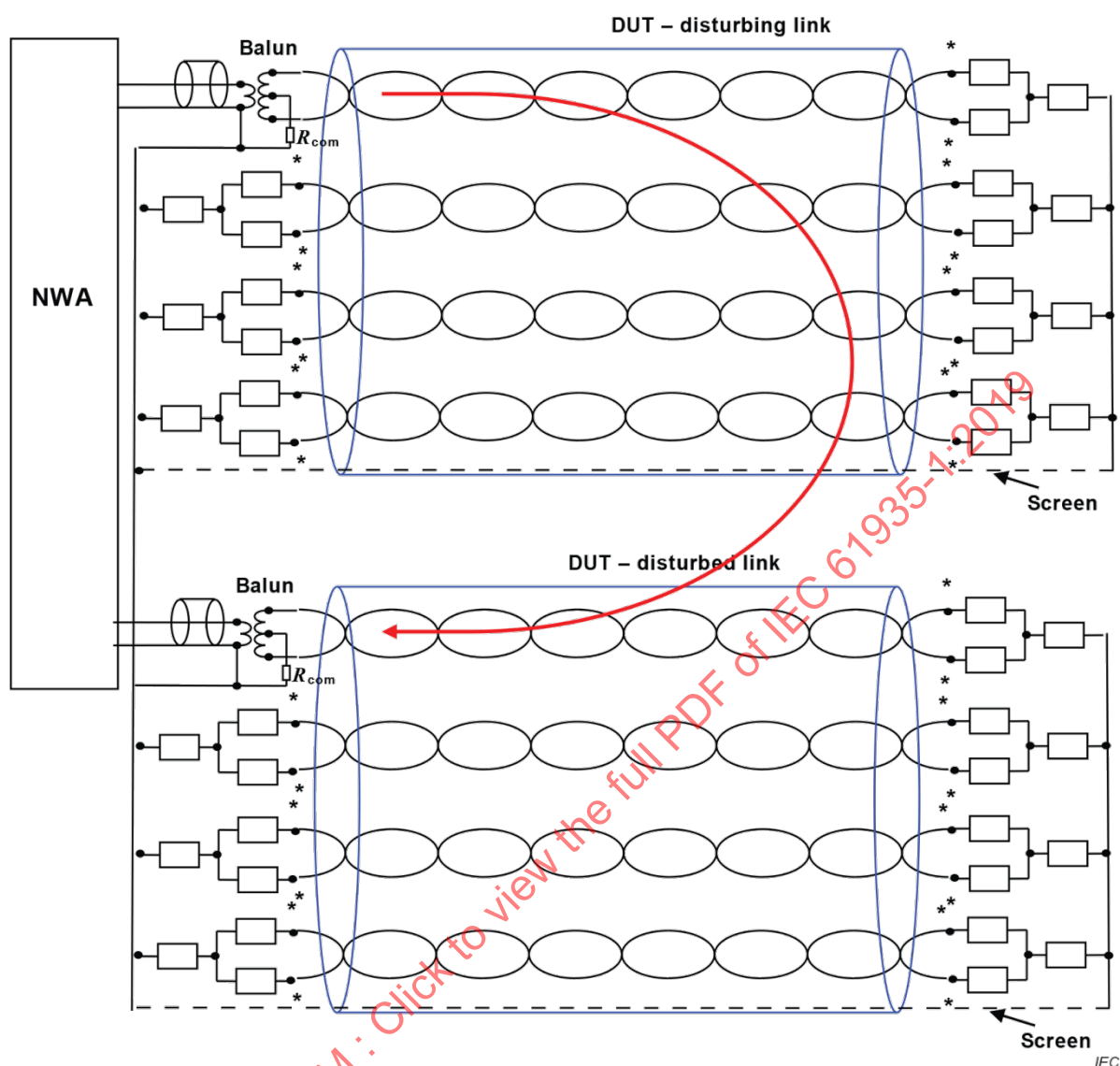
4.13.2 Test method

ANEXT contributions to an overall PS ANEXT are measured by applying the signal at the near end to one pair to a disturbing link and measuring the coupled signal at the near end of a pair in a disturbed link. This process is repeated for every pair in a disturbing link and for all other links in close proximity. The PS ANEXT for each pair in a disturbed link is obtained by power summing the ANEXT results to that pair from all pairs in disturbing links in close proximity.

4.13.3 Test equipment and set-up

The test configuration for an alien near end crosstalk measurement is shown in Figure 10. The cabling under test shall be measured at the reference planes shown in Figure 2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019



Key

DUT – disturbing link	device under test – disturbing link
DUT – disturbed link	device under test – disturbed link
NWA	network analyser
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 10 – ANEXT measurement

4.13.4 Procedure

4.13.4.1 Calibration

A transmission (S_{21}) calibration shall be performed at the reference plane.

The noise floor of the measurement can affect the results substantially. If the noise floor is closer than 30 dB from the measured ANEXT, then the dynamic range should be increased by increasing the test power and decreasing the measurement bandwidth, as appropriate. For

cabling with high ANEXT this is not always possible, in which case the actual value of noise floor shall be estimated in the calculation of a corrected results or measurement uncertainty, see E.2.6.6.

4.13.4.2 Measurement

Calibrated ANEXT measurements of the cabling shall be performed. For each pair, the ANEXT from every pair of a disturbing link in close proximity shall be measured. For each disturbing to disturbed link there are 16 pair combinations (4 pairs of a disturbing link are coupled to each 4 pairs of the disturbed link). Therefore the number of alien crosstalk measurements to be made is 16x the number of disturbing links. Each pair combination shall be measured from the near end and far end of the cabling under test.

For the reference laboratory test configuration described in Annex B, there are a minimum of 6 disturbing channels around a single disturbed channel. A full characterization therefore consists of a minimum of two 96 pair combination alien NEXT measurements. For sampling test strategies of installed cabling, refer to E.2.7.

Baluns provide the interface to the cabling under test. All pairs of the disturbed and disturbing link not directly connected to the baluns shall be terminated with loads according to 4.2.4. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.4. Loads at both ends shall provide differential and common mode terminations; see Figure 10. At each end, the common mode resistors of the terminations and the screens, if applicable, shall be connected to the common mode ground port. Measurements shall be performed in the specified frequency range. The frequency step size shall be according to 4.2.13.

4.13.4.3 Calculation

The PS ANEXT frequency response of pair k of a disturbed channel is computed per Equation (18).

$$PS\ ANEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-\left(ANEXT_{k,i,j}(f)\right)}{10}} \right) \quad (18)$$

where

$PS\ ANEXT_k(f)$ is the computed PS ANEXT to pair k as a function of frequency f in dB;

f is the frequency;

k is the number of the disturbed pair (in a disturbed channel);

i is the number of a disturbing pair (in a disturbing channel);

j is the number of a disturbing channel;

N is the total number of disturbing channels;

n is the total number of disturbing pairs (4) in each of N disturbing channels;

$ANEXT_{k,i,j}(f)$ is the frequency response of the ANEXT coupled from pair i of disturbing channel j into pair k of the disturbed channel in dB.

NOTE Pairs external to the disturbed channel are all those pairs surrounding the channel that belong to other disturbing channels in close proximity that could disturb the disturbed channel.

The average PS ANEXT frequency response in dB of all pairs is computed by averaging the values of each pair expressed in dB as in Equation (19).

$$PS\ ANEXT_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PS\ ANEXT_k(f) \quad (19)$$

4.13.4.4 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported for reference measurements. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.13.4.5 Uncertainty

The uncertainty of reference PS ANEXT measurements is defined to be valid at the pass/fail limit. The error equations as in 6.11 are applicable, except that the random noise error contribution degrades 3 dB for every doubling of the number of ANEXT measurements that are included in the overall power sum result.

4.14 PS attenuation to alien crosstalk ratio, far end crosstalk (PS AACR-F – Exogenous crosstalk)

4.14.1 Objective

The objective of this test is to measure the power sum attenuation to alien crosstalk ratio, far end of the cable assembly. This test is applicable to cabling in a laboratory environment and installed cabling. If far end crosstalk has to be measured for installed cabling using laboratory equipment then a separate generator and receiver shall be required.

A sample laboratory reference measurement assembly is described in Annex B.

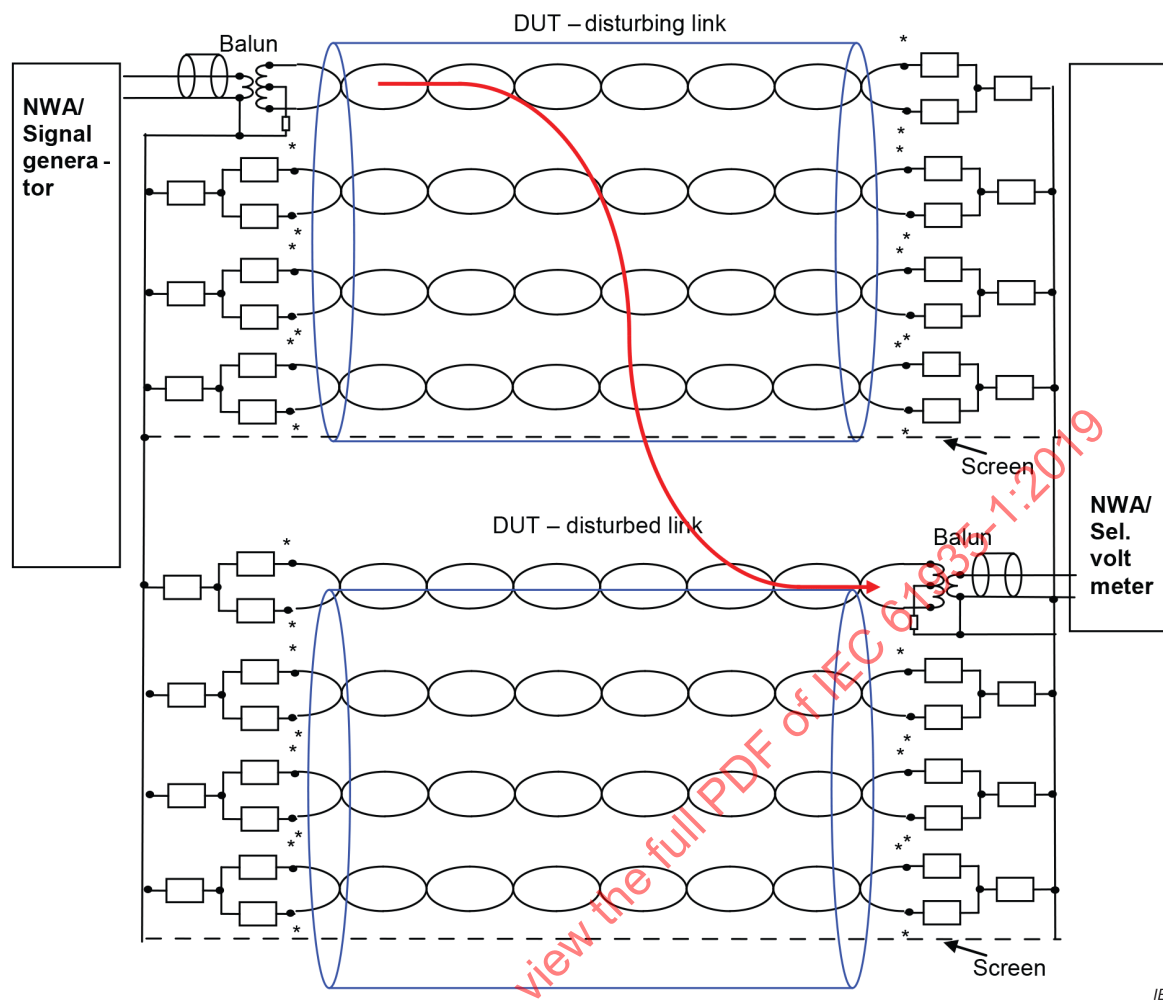
4.14.2 Test method

Far end alien crosstalk contributions to an overall PS AFEXT are measured by applying the signal at the near end to one pair to a disturbing channel or link and measuring the coupled signal at the far end of a pair in a disturbed channel or link. This process is repeated for every pair in a disturbing link and for all links in close proximity.

A normalization, which is dependent on the relative length of disturbing and disturbed links is applied to each AFEXT measurement. Then the PS AFEXT for each pair in a disturbed channel or link is obtained by power summing the normalized far end alien crosstalk results to that pair from all pairs in disturbing links in close proximity.

4.14.3 Test equipment and set-up

The test configuration for an alien far end crosstalk measurement is shown in Figure 11. The cabling under test shall be measured at the reference planes shown in Figure 2.



IEC

Key

DUT – disturbing link	device under test – disturbing link
DUT – disturbed link	device under test – disturbed link
NWA/Signal generator	signal generator of network analyser or signal generator
NWA/Sel. voltmeter	receiver of network analyser or selective voltmeter
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
R_{com}	common mode impedance
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 11 – Alien far end crosstalk measurement

A network analyser may be used after determining that a ground connection that exists inside the network analyser between source and load does not affect the result.

4.14.4 Procedure**4.14.4.1 Calibration**

A transmission (S_{21}) calibration shall be performed at the reference plane.

The noise floor of the measurement can affect the results substantially. If the noise floor is closer than 30 dB from the measured AFEXT, then the dynamic range should be increased by increasing the test power and decreasing the measurement bandwidth, as appropriate. For cabling with high AFEXT this is not always possible, in which case the actual value of noise

floor shall be estimated in the calculation of a corrected results or measurement uncertainty; see E.2.6.6.

4.14.4.2 Measurement

Calibrated AFEXT measurements of the cabling shall be performed and each pair combination shall be measured. The generator shall be connected to one end of the cabling while the receiver shall be connected to the other end. It is not necessary to interchange generator and receiver as $S_{21} = S_{12}$. For four pair cabling, a total of 12 measurements are needed. Pairs shall be terminated as defined for NEXT measurements. Requirements for maximum frequency step size are also as for NEXT (see 4.8.4.2).

For each pair, the AFEXT from every pair of a disturbing link in close proximity shall be measured. For each disturbing to disturbed link there are 16 pair combinations (4 pairs of a disturbing link couple to each 4 pairs of the disturbed link). Therefore the number of alien crosstalk measurements to be made is 16x the number of disturbing links. Each pair combination shall be measured from the near end and far end of the cabling under test.

For the reference laboratory test configuration described in Annex B, there are a minimum of 6 disturbing channels around a single disturbed channel. A full characterization therefore consists of a minimum of 2×96 pair combination AFEXT measurements. For sampling test strategies of installed cabling, refer to 5.4.8.

Baluns provide the interface to the cabling under test. All pairs of the disturbed and disturbing link not directly connected to the baluns shall be terminated with loads according to 4.2.4. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.4. Loads at both ends shall provide differential and common mode terminations, see Figure 11. At each end, the common mode resistors of the terminations and the screens, if applicable, shall be connected to the common mode ground port. Measurements shall be performed in the specified frequency range. The frequency step size shall be according to 4.2.13.

4.14.4.3 Calculation of PS AACR-F from AFEXT and insertion loss measurements

The measured alien FEXT values of a pair k in a disturbed link from the disturbing link j shall be normalized by the difference of the insertion losses of disturbing and disturbed links and a length scaling term as in Equations (20) and (21).

If $IL_k(f) - IL_{i,j}(f) > 0$ then:

$$AFEXT_{\text{norm},k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) + IL_k(f) - IL_{i,j}(f) - 10 \log \left(\frac{IL_k(f)}{IL_{i,j}(f)} \right) \quad (20)$$

Otherwise

$$AFEXT_{\text{norm},k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) \quad (21)$$

where

- f is the frequency;
- k is the number of the disturbed pair in a disturbed link;
- i is the number of a disturbing pair in a disturbing link;
- j is the number of a disturbing link;

$AFEXT_{k,i,j}(f)$ is frequency response of the measured AFEXT in dB to pair k of the disturbed link from pair i in disturbing link j .

$IL_k(f)$ is the measured frequency response of the insertion loss in dB of pair k of the disturbed link. Practically, the average response in dB of all pairs may be used. In the ratio to $IL_{i,j}(f)$, the average insertion loss at 250 MHz may be used.

$IL_{i,j}(f)$ is the measured frequency response of the insertion loss in dB of pair i of disturbing link j . Practically, the average response in dB of all pairs may be used. In the ratio relative to $IL_k(f)$, the average insertion loss at 250 MHz may be used.

For screened cabling meeting coupling attenuation requirements in ISO/IEC 11801-1, the result of Equation (25) shall be used in all cases.

The frequency response of the power sum alien FEXT of pair k $PSAFEXT_k(f)$ of a disturbed channel is computed per Equation (22).

$$PSAFEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-\left(AFEXT_{norm,k,i,j}(f)\right)}{10}} \right) \quad (22)$$

where

n is the number of pairs in disturbing channel j ;

N is the total number of disturbing channels.

The PS AACR-F frequency response to disturbed pair k in dB of pair k of a disturbed link is computed per Equation (23).

$$PSAACRF_k(f) = PSAFEXT_k(f) - IL_{avg}(f) \quad (23)$$

where

$PSAACRF_k(f)$ is the computed PS AACR-F to pair k in dB;

f is the frequency;

k is the number of the disturbed pair;

$IL_{avg}(f)$ is the frequency response of the average insertion loss of all pairs expressed in dB.

When required, it shall be measured according to 4.6.

The frequency response of the average insertion loss is computed per Equation (24).

$$IL_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 IL_n(f) \quad (24)$$

NOTE Pairs external to the disturbed channel are all those pairs surrounding the channel that belong to other disturbing channels in close proximity that could disturb the disturbed channel.

The frequency response of the average PS AFEXT of all pairs is computed by averaging the values of each pair expressed in dB as in Equation (25).

$$PS\ AFEXT_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PS\ AFEXT_k(f) \quad (25)$$

The frequency response of the average PS AACR-F in dB is computed per Equation (26):

$$PS\ AACRF_{avg}(f) = PS\ AFEXT_{avg}(f) - IL_{avg}(f) \quad (26)$$

where

$PS\ AACRF_{avg}(f)$ is the computed average PS AACR-F in dB.

4.14.4.4 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported for reference measurements. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.14.4.5 Uncertainty

The uncertainty of reference PS AACR-F measurements is defined to be valid at the pass/fail limit. The error equations, as in 6.11.7, are applicable, except that the random noise error contribution degrades 3 dB for every doubling of the number of alien FEXT measurements that are included in the overall power sum result.

4.15 Unbalance attenuation, near end

4.15.1 Objective

The objective of this test is to measure the unbalance attenuation, near end of the cable assembly. This parameter is the same as the transfer conversion loss (TCL) and longitudinal conversion loss (LCL).

This test is applicable to cabling in a laboratory environment. For installed cabling testing of unbalance attenuation, see IEC 61935-1-1

4.15.2 Test method

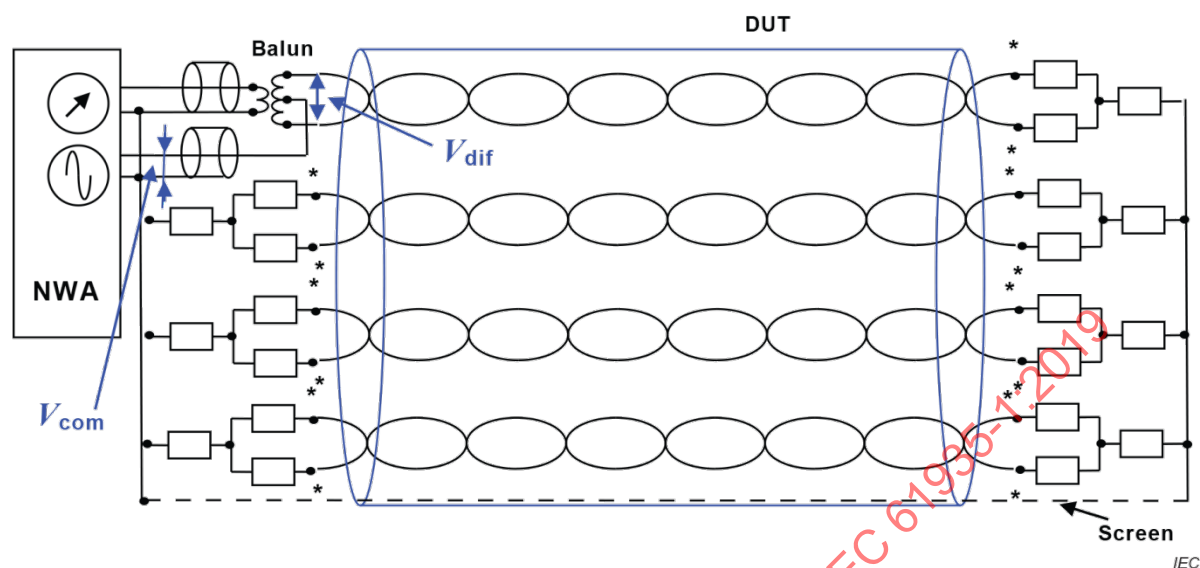
Unbalance attenuation, near end or TCL is measured by calculating the ratio of differential mode power to common mode power on a pair within a cabling system, which is exited with differential mode power only.

The differential mode voltage V_{dif} and common mode voltage V_{com} are shown in Figure 12.

4.15.3 Test equipment and set-up

The test configuration using baluns in the measurement is described in detail. Multi-port network analysers can provide measurements of node voltages that are all referenced to the measurement ground. This avoids the use of baluns and may provide higher unbalance attenuation measurement accuracies at high frequencies.

The general instrumentation requirements apply; see 4.2. The test configuration is shown in Figure 12. The cabling under test shall be measured at the reference planes shown in 4.2.6.



Key

DUT	device under test
NWA	network analyser with S-parameter test set
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling
V_{dif}	differential mode voltage
V_{com}	common mode voltage

Figure 12 – Unbalance attenuation, near end test configuration

4.15.4 Procedure

4.15.4.1 Calibration

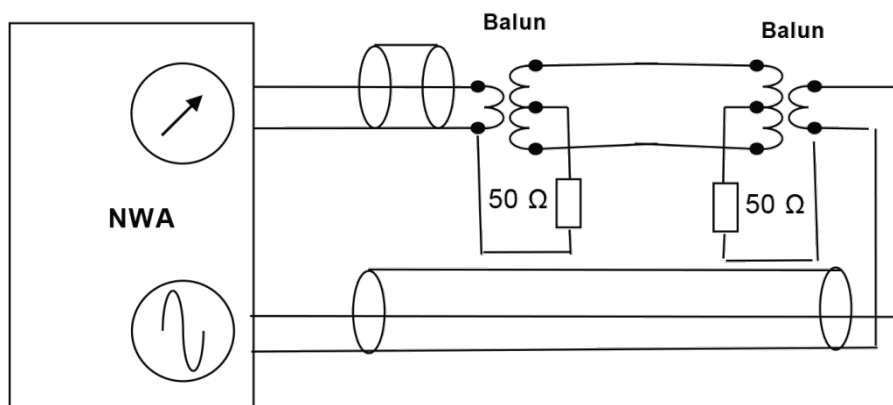
When using a balun based reference tests setup, TCL calibration is performed in four steps, as follows:

Step 1.

The coaxial test leads attached to the network analyser are calibrated out by performing through measurements at the point of termination to the balun.

Step 2.

The insertion loss of the differential signals of the balun is measured by connecting two identical baluns back-to-back with minimal lead length as shown in Figure 13. Notice that the baluns are positioned so as to maintain polarity and they are bonded (firmly attached, e.g. clamped) to a ground plane. The coaxial sockets for the common mode signals are terminated with 50 Ω . The measured insertion loss between the coaxial sockets for the differential signals is divided by 2 to approximate the insertion loss of one balun for a differential mode signal. The calculated differential mode insertion loss is recorded as $IL_{bal,DM}$.



Key

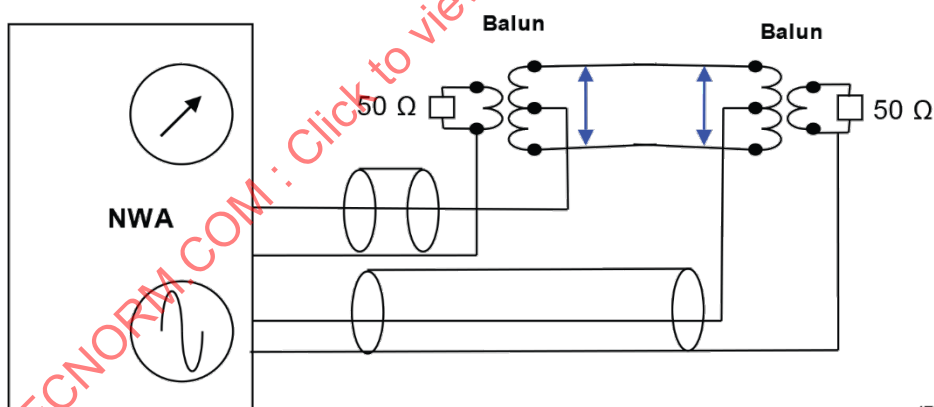
NWA network analyser with S-parameter test set

Balun balun to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 13 – Back-to-back balun differential mode insertion loss measurement

Step 3.

The insertion loss of the common mode signals of the test balun is measured as shown in Figure 14. The coaxial sockets for the differential signals are terminated with 50 Ω. The measured insertion loss between the coaxial sockets for common mode signals is divided by 2 to approximate the insertion loss of one balun for a common mode signal. The calculated common mode insertion loss is recorded as $IL_{bal,CM}$.



Key

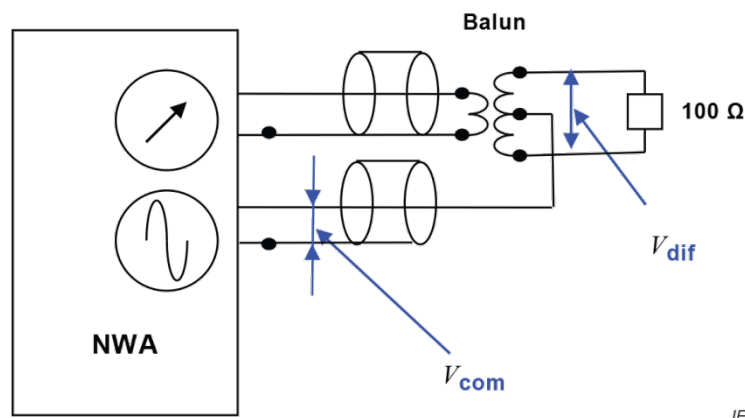
NWA network analyser with S-parameter test set

Balun balun to interface laboratory equipment and balanced cabling

Figure 14 – Back-to-back balun common mode insertion loss measurement

Step 4.

A TCL measurement performance step shall be performed on the measurement balun by itself by terminating the differential port of the balun with a 100 Ω RF chip resistor. See Figure 15. If the internal unbalance attenuation is within 6 dB of the pass/fail limit of the unbalance test, then the TCL measurement performance is inadequate and higher performing measurement equipment shall be used. The method to compute the TCL is shown in 4.15.4.2.

**Key**

NWA	network analyser with S-parameter test set
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling
V_{dif}	differential mode voltage
V_{com}	common mode voltage

Figure 15 – Unbalance performance test of the measurement balun

When using other types of test equipment e.g. balunless, other calibration techniques should be applied.

4.15.4.2 Balun measurement

Each pair shall be measured from each end of the DUT. The far end of the cabling shall be terminated with loads according to 4.2.4, which are integrated into a connector, which mates with the far end connector of the cabling. The near end pairs not under test shall be terminated either with resistor loads according to 4.2.4 or with balun terminations (the unbalanced and common mode connectors on the balun shall be terminated with 50 Ω coaxial loads). The termination of the pairs not under test provides return path for the common mode signal for unscreened systems. For screened systems, the screen provides this path as well.

Unbalance attenuation near end (or TCL) is calculated using Equation (27):

$$TCL = IL_{\text{meas},TCL} - IL_{\text{bal},DM} - IL_{\text{bal},CM} \quad (27)$$

where

- TCL is the computed unbalance attenuation near end in dB;
- $IL_{\text{meas},TCL}$ is the measured loss (S_{21}) in dB;
- $IL_{\text{bal},DM}$ is the insertion loss of balun for differential mode signals in dB;
- $IL_{\text{bal},CM}$ is the insertion loss of balun for common mode signals in dB.

4.15.4.3 Balunless measurement

For balunless measurements, refer to IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

4.15.5 Test report

The measured results shall be reported in tabular or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pairs shall be reported.

4.15.6 Uncertainty

The uncertainty is dependent upon the difference of the measured result and the internal unbalance attenuation of the balun (other contributions to the uncertainty are disregarded). See Table 3.

Table 3 – Estimated uncertainty of unbalance, near end measurement

Difference between measured unbalance attenuation and unbalance attenuation of balun by itself	Estimated uncertainty
30 dB	0,3 dB
20 dB	0,8 dB
10 dB	2,4 dB
6 dB	3,5 dB

4.16 Unbalance attenuation, far end

4.16.1 Objective

The objective of this test is to measure the unbalance attenuation, far end of the cable assembly. This measured parameter is used to compute the equal level transverse conversion transfer loss (ELTCTL) from the measured unbalance attenuation, far end and the insertion loss of the pair under test. Requirements for ELTCTL are specified in cabling standards.

This test is applicable to cabling in a laboratory environment. For installed cabling testing of unbalance attenuation, see IEC 61935-1-1.

4.16.2 Test method

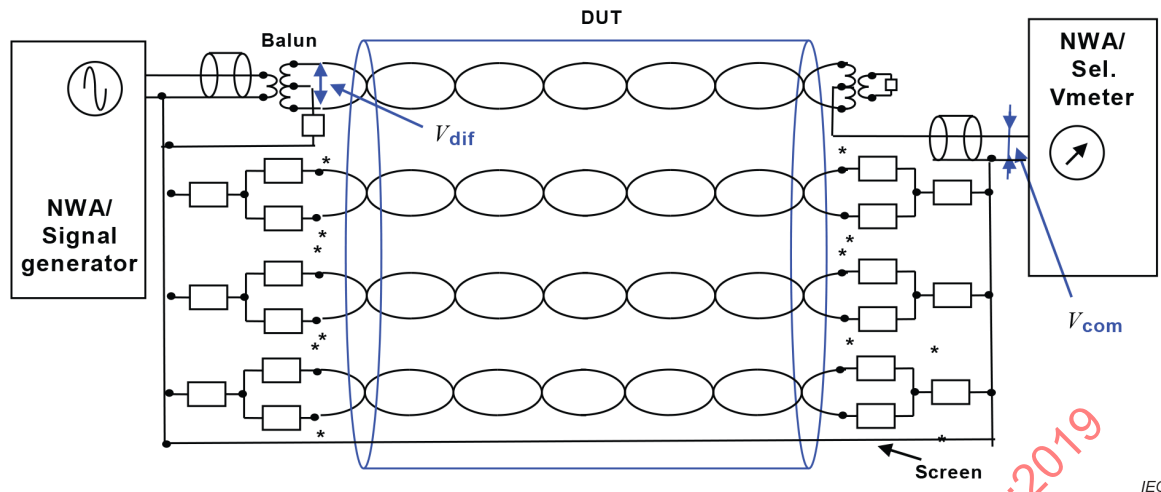
Unbalance attenuation, far end or ELTCTL is measured by calculating the ratio of differential mode power to common mode power in a cabling system, which is excited with differential mode power only. This value is the TCTL. The ELTCTL is obtained by subtracting the insertion loss of the DUT from TCTL. The calculation is based on measured ratio between differential and common mode voltage.

4.16.3 Test equipment and set-up

If both ends of the DUT are in close proximity, a network analyser can be used for the TCTL measurement. If the ends of the DUT are not in close proximity, which is common for installed cabling, a signal generator and selective RF voltmeter is used.

The test configuration using baluns in the measurement is described in detail. Multi-port network analysers can provide measurements of node voltages that are all referenced to the measurement ground. This avoids the use of baluns and may provide higher unbalance attenuation measurement accuracies at high frequencies.

The general instrumentation requirements apply; see 4.2. The test configuration is shown in Figure 16. The cabling under test shall be measured at the reference planes shown in 4.2.6.

**Key**

DUT	device under test
NWA/Signal generator	network analyser with S-parameter test set, signal port or a signal generator
NWA/Selective voltmeter	network analyser with S-parameter test set, load port or a selective RF voltmeter
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
Balun	balun to interface laboratory equipment and balanced cabling
V_{dif}	differential mode voltage
V_{com}	common mode voltage

Figure 16 – Unbalance attenuation far end test configuration**4.16.4 Procedure****4.16.4.1 Calibration**

The calibration for TCTL measurements shall follow the procedure outlined in 4.15.4.1 for both baluns being used in the measurement and the calibration values should be recorded as $IL_{bal,DM1}$, $IL_{bal,DM2}$, $IL_{bal,CM1}$, and $IL_{bal,CM2}$.

4.16.4.2 Measurement

Each pair shall be measured from both ends of the cabling. Two ends of the same DUT pair shall be connected to the differential terminals of the test baluns as shown in Figure 16. The test signal shall be applied to the unbalanced input of the balun connected to the input end of the pair under test. The common mode port of the balanced output terminals at the input end shall be terminated with 50 Ω coaxial load. The signal to be measured is at the common mode terminal of the balun which is connected to the output end of the pair under test. The unbalanced output terminal of the balun at the far end shall be terminated with a 50 Ω coaxial load resistor. All unused pairs on both ends of the DUT shall be terminated with 100 Ω differential and 50 Ω common mode resistor terminations according to 4.2.4. There shall be a common ground at each end. If a network analyser is used, the grounds of the two ends of the DUT shall be connected securely to the same ground plane. The termination of the pairs not under test provides return path for the common mode signal for unscreened systems. For screened systems, the screen provides this path as well.

Unbalance attenuation far end (or TCTL) is calculated using Equation (28).

$$TCTL = IL_{meas,TCTL} - IL_{bal,DM1} - IL_{bal,CM2} \quad (28)$$

where

- $TCTL$ is the computed TCTL in dB;
- $IL_{\text{meas},TCTL}$ is the measured loss (S_{21}) in dB;
- $IL_{\text{bal,DM1}}$ is the insertion loss of the input balun for differential mode signals in dB;
- $IL_{\text{bal,CM2}}$ is the insertion loss of the output balun for common mode signals in dB.

The ELTCTL is computed as in Equation (29).

$$ELTCTL = TCTL - IL_{\text{DUT}} \quad (29)$$

where

- $ELTCTL$ is the computed ELTCTL in dB;
- IL_{DUT} is the measured insertion loss of the device under test.

4.16.5 Test report

The measured results shall be reported in tabular or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pairs shall be reported.

4.16.6 Uncertainty

The uncertainty is dependent upon the difference of the measured result and the internal unbalance attenuation of the baluns (other contributions to the uncertainty are disregarded); see Table 4.

Table 4 – Estimated uncertainty of unbalance, far end measurement

Difference between measured unbalance attenuation and unbalance attenuation of balun	Estimated uncertainty
30 dB	0,3 dB
20 dB	0,8 dB
10 dB	2,4 dB
6 dB	3,5 dB

4.17 Coupling attenuation

Coupling attenuation measurements shall be conducted as per IEC 62153-4-9 or IEC 62153-4-11 in the laboratory environment and IEC 62153-4-14 in the field environment.

5 Field test measurement requirements for electrical properties

5.1 Introductory remark

Clause 5 applies to field test specifications for post-installation performance measurements of installed cabling designed in accordance with ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

The information contained in clause 5 uses the links and channels defined in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent), and specifies parameters for field testers, test methods and interpretations of test results, leading to a practical solution to the issues related to field testing. Classes of twisted pair cabling links referred to herein correspond with those described in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

Field test equipment is classified by performance level. Currently, levels I, II, IIE, III, IIIE, IV, V, and VI are used in the industry. Clause 5 specifies requirements for field test equipment used to certify class D, E, E_A, F, F_A, I and II cabling as defined in ISO/IEC 11801-1.

- Level IIE test equipment or better is required to test class D cabling.
- Level III test equipment or better is required to test class E cabling.
- Level IIIE test equipment or better is required to test class E_A cabling.
- Level IV test equipment or better is required to test class F cabling.
- Level V test equipment or better is required to test class F_A cabling.
- Level VI test equipment or better is required to test Class I and II cabling.

Clause 5 specifies in detail the electrical characteristics of field test equipment and test methods. Field test equipment characteristics needed for swept/stepped frequency measurements are described to ensure consistent and accurate measurements. Other methods using frequency domain or time domain measurement techniques that demonstrate equivalence to the requirements in Clause 5 are acceptable. Methods to compare results reported by field test equipment with those obtained using laboratory methods are also described.

Users of this document are advised to consult with applications standards, equipment manufacturers and system integrators to determine the suitability of these requirements for specific networking applications.

5.2 Cabling configurations tested

The cabling test configurations are described in 4.2.6.

5.3 Field test parameters

5.3.1 General

The following field test measurement parameters and measurement requirements are specified in this document:

- inspection of workmanship and connectivity testing;
- propagation delay;
- delay skew;
- length (not a pass/fail requirement parameter per ISO/IEC 11801-1);
- insertion loss;
- near-end crosstalk (NEXT) loss;
- NEXT, power sum;
- attenuation-to-crosstalk ratio, near end (ACR-N);
- ACR-N, power sum (PS ACR-N);
- attenuation-to-crosstalk ratio, far end (ACR-F);
- attenuation-to-crosstalk ratio, far end (PS ACR-F), power sum;
- return loss;
- DC loop resistance;

- power sum alien NEXT (PS ANEXT);
- power sum attenuation-to-alien crosstalk ratio, far end (PS AACR-F).

Other parameters may be tested in the field as specified by the installation agreement (such as ISO/IEC 14763-1), however are not covered by this document.

Refer to Annex C for general information on power sum alien crosstalk performance of installations.

5.3.2 Optional field test parameters

The following field test measurement parameters are specified as optional by ISO/IEC 11801-1 and requirements for field test of their measurement are specified according to Table 5.

Table 5 – Optional field test parameter measurement requirements

Measurement parameter	Requirement provided by
TCL ELTCTL	IEC 61935-1-1
Resistance unbalance Resistance unbalance between pairs	IEC 61935-1-2
Coupling attenuation	IEC 62153-4-14

5.3.3 Inspection of workmanship and connectivity testing

5.3.3.1 Visual inspection

Visual inspection of installed cabling is performed by observing that

- the condition, workmanship and finish are satisfactory;
- the marking is legible;
- mechanical damage is absent and there is no undesired movement or displacement of parts;
- flaking of materials or finishes is absent.

Examination may generally be carried out without any magnification.

5.3.3.2 Wire map

A conductor map test is intended to verify correct pin termination at each end and to check for installation connectivity errors. For each of the conductors in the cable, and the screen(s), if any, the conductor map indicates

- continuity to the remote end;
- shorts between any two or more conductors/screen(s);
- transposed pairs;
- reversed pairs;
- split pairs;
- any other connection errors.

Correct connectivity of telecommunications outlet/connectors is defined in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent), and is illustrated in Figure 17 (for four pair cables).

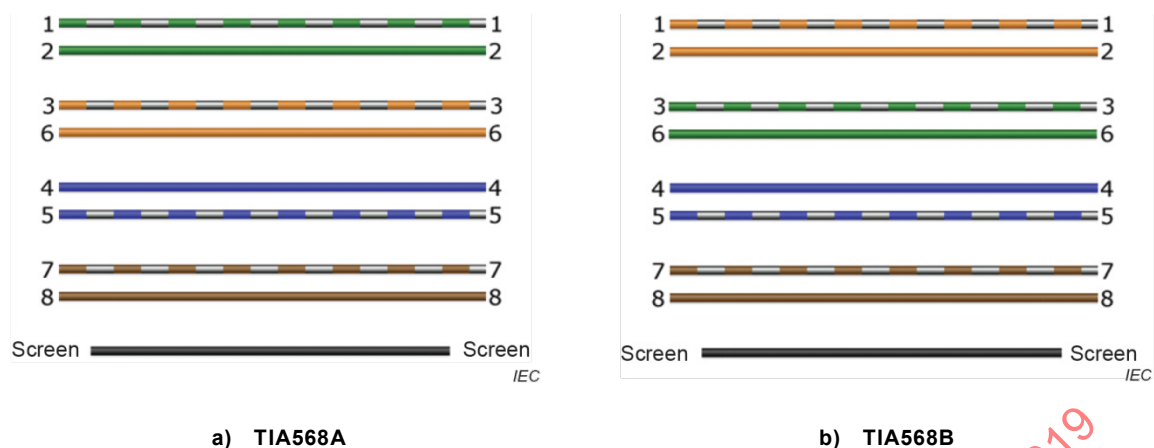


Figure 17 – Correct pairing

A reversed pair occurs when the polarity of one pair is reversed at one end of the link (also called a Tip/Ring reversal). See Figure 18a for an illustration of a reversed pair.

A transposed pair occurs when the two conductors in a pair are connected to the position for a different pair at the remote connection. See Figure 18b for an illustration of transposed pairs.

NOTE Transposed pairs are sometimes referred to as crossed pairs.

Split pairs occur when pin to pin continuity is maintained but physical pairs are separated. See Figure 18c for an illustration of split pairs.

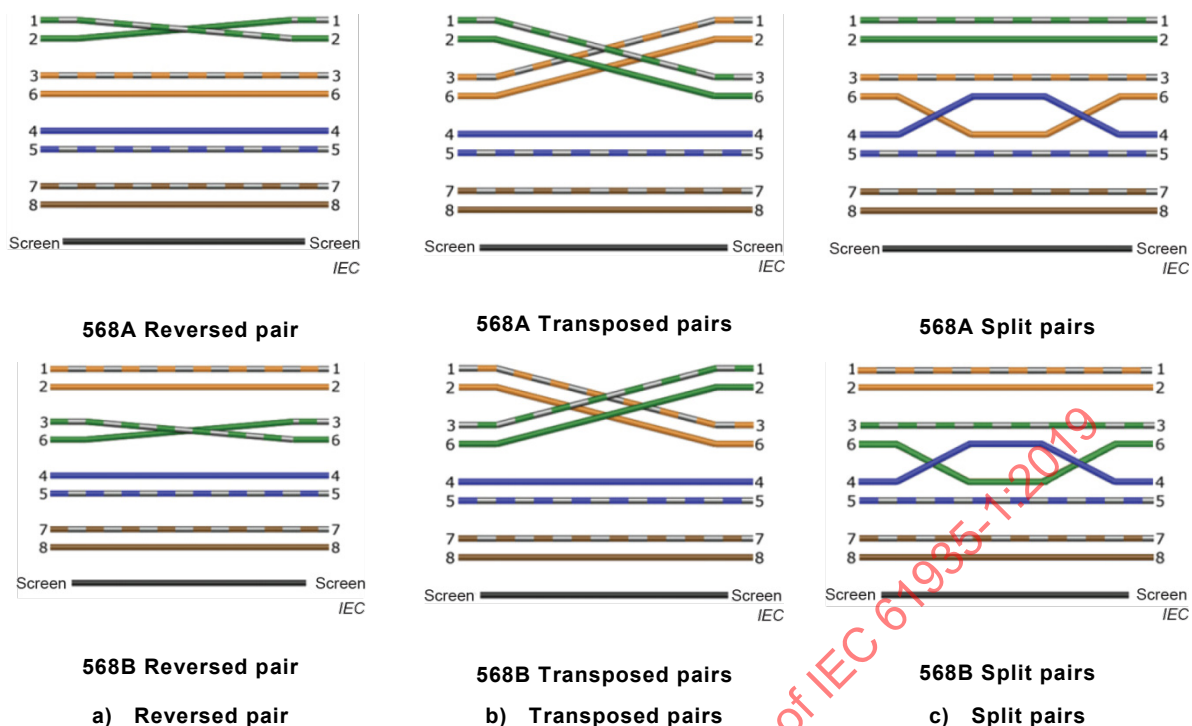


Figure 18 – Incorrect pairing

For level VI testers, it is understood that the screen continuity is measured along the path of the cabling.

Wire map tests shall report "Pass" if cabling is determined to be correct.

5.3.4 Propagation delay and delay skew

Propagation delay and delay skew may be determined from phase angle measurements and is frequency dependent. For field testing purposes, the propagation delay at 10 MHz shall be reported. The field test equipment shall be capable of measuring the propagation delay on each pair. Test limits for the channel and link configurations shall be as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

5.3.5 Length

The length is not a pass/fail requirement per ISO/IEC 11801-1.

The physical length of the channel and link is defined as the sum total of the physical length of the cabling between the defined reference planes. The physical length may be determined by measuring the lengths of the components that make up the cabling. The length of cable segments may be determined from the length markings on the cables, when present, however the accuracy of the length marking should be considered.

The lengths can also be estimated from an electrical length measurement. The electrical length is derived from the propagation delay of signals and depends on the twist helix and dielectric material.

Calibration of nominal velocity of propagation (NVP) is critical to the accuracy of length measurements when estimating length from either frequency or time domain methods. NVP refers to the velocity of propagation of the signal in the pair. It is typically expressed as a fraction of the speed of light in vacuum, for example 0,67 c. An incorrectly set NVP is the

most common cause of inaccurate length measurements when using field test equipment. The NVP for any given cable is a function of its design.

The NVP can vary widely between different cable designs and is also frequency dependent. At 1 MHz, the NVP can be up to 5 % less than the NVP at 100 MHz.

It is the responsibility of the user to ensure the NVP of the cable matches the setting of the field testers. Field test equipment shall provide functional capability for “NVP calibration”. The NVP in a cable sample is determined as follows:

- a) physically measure the length of the cable sample, using a sample that should be at least 30 m. Greater accuracy in NVP determination will be obtained using longer lengths. For example, if the resolution of the measurement is 1 m, the best NVP accuracy that can be expected for a 25 m cable is 1/25 or 4 %;
- b) set the field test equipment to its “NVP calibration” mode. Enter the measured distance into the tester. NVP as a fraction of the speed of light is calculated as follows using appropriate length units:

$$NVP = \frac{\text{Physical length}}{\text{Measured propagation delay} \times \text{Velocity of light in vacuum}} \quad (30)$$

where the velocity of light in vacuum = 3×10^8 m/s.

Use this NVP when making subsequent length measurements on cable from the same spool.

The NVP is calibrated to the pair with the longest twist length. This is the pair with the shortest electrical delay. There can be up to 5 % variation in the NVP per pair between different pairs in the same sheath. This, together with varying twist ratios, explains why different pairs in the same sheath appear to have different lengths.

For length evaluation, the field tester shall use the measured length of the same pair for which the NVP was calibrated.

5.3.6 Insertion loss

Insertion loss can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input differential signal is applied to a pair at the near end of the link while the differential signal on the same pair is measured at the far end.

Insertion loss test limits for the channel and link configuration shall be as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent). Insertion loss increases with temperature.

The measurements shall be conducted at the same temperature throughout the test so that the effect of the change of temperature is negligible. Refer to 4.6.5 for further information.

5.3.7 NEXT, power sum NEXT

NEXT can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input signal is applied to a disturbing pair at the near end of the link while the induced differential signal on the disturbed pair is measured at the near-end.

Power sum NEXT is computed from the NEXT to a certain pair. For example, the power sum NEXT of the 1,2 pair is given by Equation (12):

NEXT and power sum NEXT test limits are as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

5.3.8 ACR-N and power sum ACR-N

5.3.8.1 ACR-N

The ACR-N of each pair combination of a channel shall meet the difference of the NEXT requirement and the insertion loss (IL) requirement. The ACR-N requirements shall be met at both ends of the cabling.

The ACR-N from disturbing pair i to disturbed pair k is computed by Equation (13).

5.3.8.2 ACR-N, power sum

The PS ACR-N requirements shall be met at both ends of the cabling.

The PS ACR-N shall be calculated according to 4.9.4.

5.3.9 ACR-F, power sum ACR-F

ELFEXT and ACR-F are computed from far-end cross-talk (FEXT) and insertion loss measurements.

FEXT can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input signal is applied to a disturbing pair at the near end of the link while the induced differential signal on the disturbed pair is measured at the far end.

The ACRF is given by Equation (14), and the PS ACR-F is given by Equation (15).

All ACR-F and PS ACR-F quantities are assumed to be expressed in positive units of dB.

ACR-F and power sum ACR-F test limits are as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent). ELFEXT and PS ELFEXT limits are assumed to be identical to those for ACR-F and PS ACR-F respectively.

5.3.10 Return loss

Return loss is a measure of the reflected energy caused by impedance mismatches in the cabling system. Return loss is especially important for applications that use simultaneous bi-directional transmission.

Return loss test limits are specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

5.3.11 Direct current (DC) loop resistance

The DC loop resistance is the sum total of all DC resistances in the loop of a pair, including the connectivity. Direct current (DC) loop resistance test limits are as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

5.3.12 Direct current (DC) resistance unbalance between pairs

The DC resistance unbalance between pairs is the parallel resistance unbalance between two pairs, including the connectivity. Direct current (DC) resistance unbalance between pair test limits are as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent).

5.3.13 Alien crosstalk parameters

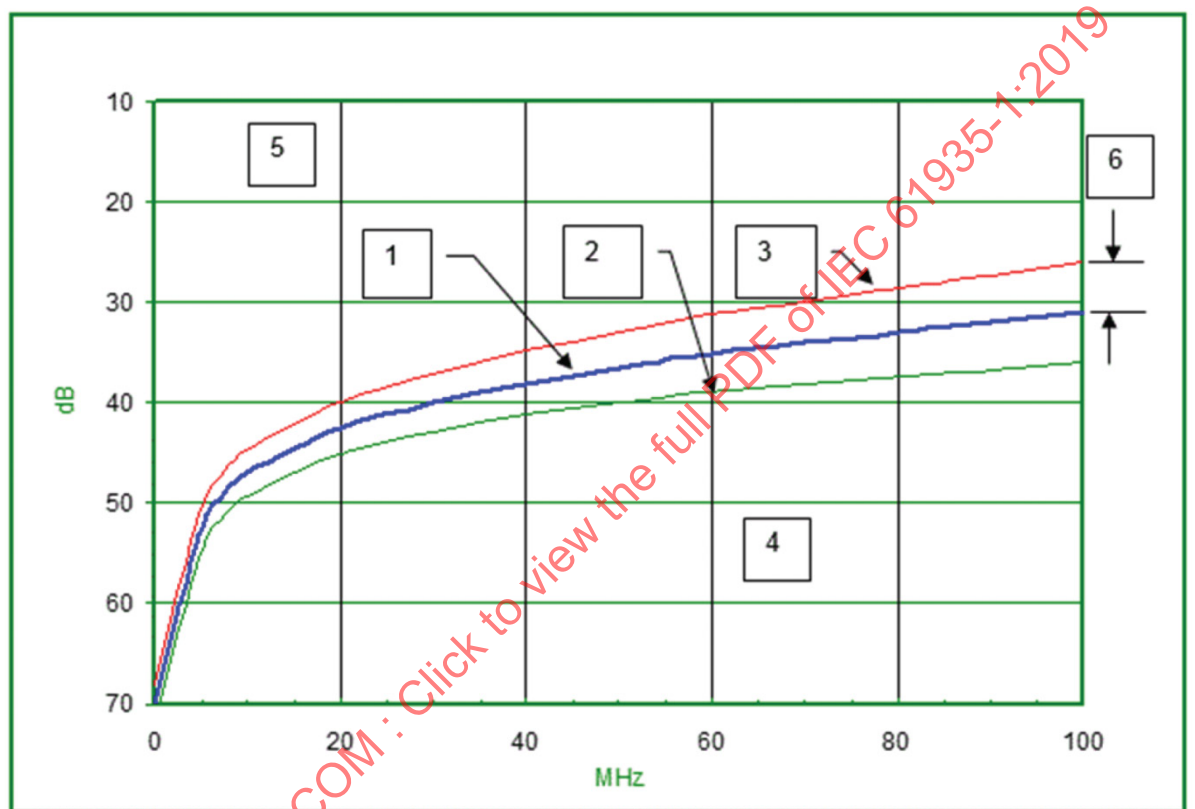
Field test requirements for alien crosstalk parameters PS ANEXT and PS AACR-F are given by Annex E.

5.4 Data reporting and accuracy

5.4.1 General

A pass or fail result for each parameter shall be determined by the allowable limits for that parameter. For Class FA and below, the test result of a parameter shall be marked with an asterisk (*) when the result is closer to the test limit than the measurement accuracy (see Figure 19). See also Clause 6 for detailed information on measurement accuracy requirements.

Annex A contains additional considerations of variability that may occur during field test measurements.



IEC

Key

- 1 test limit line
- 2 conditional pass limit line (star pass)
- 3 conditional fail limit line (star fail)
- 4 test pass area (the area below the conditional pass limit line)
- 5 test fail area (the area above the conditional pass limit line)
- 6 measurement accuracy

Figure 19 – Example of equipment tolerance region (NEXT)

NOTE Figure 19 shows an example of a measurement tolerance above and below the NEXT pass/fail test limit. The lines above and below the test limits are offset from the test limit by the value in dB equal to the measurement accuracy. If the measurement falls within the region above the limit, the measurement is marked with a FAIL*. If the measurement falls within the region below the test limit, the measurement is marked with a PASS*.

The field test equipment manufacturer shall provide documentation as an aid to interpret results marked with asterisks.

An overall pass or fail condition shall be determined by the results of the required individual tests. Any FAIL or FAIL* shall result in an overall FAIL. Unless specified otherwise in a quality assurance agreement, in order to achieve an overall pass condition, all individual results shall be PASS or PASS*.

Any measurement reported by the test equipment shall have a specified accuracy. For accuracy requirements, see Clause 6. The field test equipment shall be capable of recording data at all measured points and uploading the data to a PC as described in 5.4.2 and provide summary results as described in 5.4.3.

5.4.2 Detailed results

The field test equipment shall be capable of recording all connectivity information, as well as the measured values of every parameter at every frequency data point.

It is recommended that for level IIe, III, IIle, IV and V testers, the measured values at each frequency report are retained by the tester, and shall be retained for level VI testers.

Where measured values at each frequency point are retained by the tester, it shall be possible to export the measured values.

In addition, the detailed results shall include a PASS/FAIL result for each of the following, as applicable for the selected performance level:

- wire map, including screen connection if present;
- insertion loss;
- NEXT, measured from local end;
- NEXT, measured from remote end;
- NEXT, power sum, at local end;
- NEXT, power sum, at remote end;
- ACR-N, at local end;
- ACR-N, at remote end;
- ACR-N, power sum, at local end;
- ACR-N, power sum, at remote end;
- ACR-F at local end;
- ACR-F, at remote end power sum;
- return loss, measured from local end;
- return loss, measured from remote end;
- propagation delay;
- delay skew;
- DC loop resistance;
- PS ANEXT;
- PS AACR-F.

For reporting requirements for optional measurements, see 5.3.2.

5.4.3 Summary results

Detailed information may be required in certain circumstances, however, in general, summary performance information is sufficient. The field test equipment shall be capable of reporting the minimum summary information as shown in Table 6 and Table 7.

Table 6 – Summary of reporting requirements for field test equipment (1 of 3)

Function	Measured from local end or remote end (if measurements from both directions are not required)	Measured from remote end (if measurement from remote end is required)
Wire map	All connectivity, including shields (if present) PASS/FAIL	
Insertion loss	Worst case insertion loss (1 of 4 possible) Test limit at worst case insertion loss Frequency at worst case insertion loss Pair with worst case insertion loss PASS/FAIL	
NEXT	Worst case NEXT (1 of 6 possible) Test limit at worst case NEXT Frequency at worst case NEXT Pair combination at worst case NEXT PASS/FAIL	Worst case NEXT (1 of 6 possible) Test limit at worst case NEXT Frequency at worst case NEXT Pair combination at worst case NEXT PASS/FAIL
	Worst case NEXT margin (1 of 6 possible) Test limit at worst case NEXT margin Frequency at worst case NEXT margin Pair combination at worst case NEXT margin PASS/FAIL	Worst case NEXT margin (1 of 6 possible) Test limit at worst case NEXT margin Frequency at worst case NEXT margin Pair combination at worst case NEXT margin PASS/FAIL
NEXT power sum	Worst case power sum NEXT (1 of 4 possible) Test limit at worst case power sum NEXT Frequency at worst case power sum NEXT Pair at worst case power sum NEXT PASS/FAIL Worst case power sum NEXT margin (1 of 4 possible) Test limit at worst case power sum NEXT margin Frequency at worst case power sum NEXT margin Pair at worst case power sum NEXT margin PASS/FAIL	Worst case power sum NEXT (1 of 4 possible) Test limit at worst case power sum NEXT Frequency at worst case power sum NEXT Pair at worst case power sum NEXT PASS/FAIL Worst case power sum NEXT margin (1 of 4 possible) Test limit at worst case power sum NEXT margin Frequency at worst case power sum NEXT margin Pair at worst case power sum NEXT margin PASS/FAIL

Table 6 (2 of 3)

Function	Measured from local end or remote end (if measurements from both directions are not required)	Measured from remote end (if measurement from remote end is required)
ACR-N	Worst case ACR-N (1 of 6) Test limit at worst case ACR-N For each pair combination, ACR-N should be computed using the pair with the highest insertion loss for each frequency data point. Frequency at worst case ACR-N Pair combination at worst case ACR-N (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case ACR-N margin Test limit at worst case ACR-N margin Frequency at worst case ACR-N margin Pair combination at worst case ACR-N margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL	Worst case ACR-N (1 of 6) Test limit at worst case ACR-N For each pair combination, ACR-N should be computed using the pair with the highest insertion loss for each frequency data point. Frequency at worst case ACR-N Pair combination at worst case ACR-N (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case ACR-N margin Test limit at worst case ACR-N margin Frequency at worst case ACR-N margin Pair combination at worst case ACR-N margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL
ACR-N power sum	Worst case power sum ACR-N (1 of 4) For each pair combination, ACR-N should be computed using the pair with the highest insertion loss for each frequency data point. Test limit at worst case power sum ACR-N Frequency at worst case power sum ACR-N Pair combination at worst case power sum ACR-N (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case power sum ACR-N margin Test limit at worst case power sum ACR-N margin Frequency at worst case power sum ACR-N margin Pair combination at worst case power sum ACR-N margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL	Worst case power sum ACR-N (1 of 4) For each pair combination, ACR-N should be computed using the pair with the highest insertion loss for each frequency data point. Test limit at worst case power sum ACR-N Frequency at worst case power sum ACR-N Pair combination at worst case power sum ACR-N (disturbing, disturbed) PASS/FAIL-N Worst case power sum ACR-N margin Test limit at worst case power sum ACR-N margin Frequency at worst case power sum ACR-N margin Pair combination at worst case power sum ACR-N margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL

Table 6 (3 of 3)

Function	Measured from local end or remote end (if measurements from both directions are not required)	Measured from remote end (if measurement from remote end is required)
ACR-F	Worst case ACR-F (1 of 24 possible) Test limit at worst case ACR-F Frequency at worst case ACR-F Pair combination at worst case ACR-F (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case ACR-F margin Test limit at worst case ACR-F margin Frequency at worst case ACR-F margin Pair combination at worst case ACR-F margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL	
ELFEXT power sum or ACR-F power sum	Worst case power sum ACR-F (1 of 8 possible) Test limit at worst case power sum ACR-F Frequency at worst case power sum ACR-F Pairs at worst case power sum ACR-F (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case power sum ACR-F margin (1 of 8 possible) Test limit at worst case power sum ELFEXT/ACR-F margin Frequency at worst case power sum ELFEXT/ACR-F margin Pair at worst case power sum ACR-F margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL	
Return loss	Worst case return loss margin (1 of 4 possible) Test limit at worst case return loss margin Return loss at worst case return loss margin Frequency at which worst case margin occurs PASS/FAIL	Worst case return loss margin (1 of 4 possible) Test limit at worst case return loss margin Return loss at worst case return loss margin Frequency at which worst case margin occurs PASS/FAIL
Propagation delay	Worst case propagation delay (1 of 4 possible) Test limit at worst case propagation delay PASS/FAIL	
Delay skew	Worst case delay skew (1 of 1 possible) Test limit of delay skew PASS/FAIL	
DC loop resistance	Worst case DC loop resistance (1 of 4 possible) Test limit of DC loop resistance PASS/FAIL	

5.4.4 Reporting requirements for power sum alien crosstalk

The minimum requirements are given in Table 7.

Table 7 – Minimum reporting requirements for PS ANEXT and PS AACR-F

Parameter	Reporting requirement
Link information	Listing of all the disturbed links that have been tested
	The direction that the disturbed link has been tested
	A listing of all disturbing links that is contained in a power sum result for PS ANEXT and/or PS AACR-F
PS ANEXT margin	PS ANEXT worst case margin over the applicable frequency range for every disturbed link tested
PS ANEXT margin magnitude	PS ANEXT magnitude at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
PS ANEXT margin frequency	PS ANEXT frequency at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
PS ANEXT margin limit	PS ANEXT limit at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
Result PS ANEXT	PS ANEXT PASS or FAIL result for every disturbed link tested
PS AACR-F margin	PS AACR-F worst case margin over the applicable frequency range for every disturbed link tested
PS AACR-F margin magnitude	PS AACR-F magnitude at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
PS AACR-F margin frequency	PS AACR-F frequency at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
PS AACR-F margin limit	PS AACR-F limit at which the worst case margin over the applicable frequency range occurs for every disturbed link tested
Result PS AACR-F	PS AACR-F PASS or FAIL result for every disturbed link tested

5.4.5 General

All appropriate parameters as specified in ISO/IEC 11801-1 (or equivalent) shall be tested.

5.4.6 Consistency checks for field testers

5.4.6.1 General

The field test equipment manufacturer shall make available to the user a simple procedure for verifying, reporting and recording the repeatability of the field test in the field. The following procedures shall be followed unless stated otherwise in a relevant specification.

5.4.6.2 Repeatability of tests on a reference link

The end-user of the field test equipment shall construct a reference link. Repeated measurements on this link shall result in the same results within the magnitude of the accuracy specifications. Comparisons shall be made between the worst results across the frequency band.

5.4.6.3 Repeatability of tests by testing the same link in opposite directions

Any link can be measured at first by connecting the main field test unit to one end of the cabling and the remote field test unit to the other end of the cabling. After performing a test, the locations of the main field test unit and the remote field test unit are exchanged.

5.4.7 Evaluation of consistency tests

All worst case, magnitudes shall remain the same within twice the accuracy specification of the parameter under test, except for NEXT and return loss measurements. For NEXT and return loss, the local NEXT and return loss results obtained during the first test shall be compared to the remote NEXT and return loss results obtained during the second test.

Similarly, the remote NEXT and return loss results obtained during the first test shall be compared to the local NEXT and return loss results during the second test.

5.4.8 Administration system applicability

In addition to PASS/FAIL indications, measured values of the test parameter shall be recorded in the administration system (see ISO/IEC 14763-1). Any reconfiguration of cabling components after testing may change the performance and thereby invalidate previous test results. Such cabling shall require retesting to confirm conformance.

5.4.9 Test equipment adapter cords for link testing

Adapter cords used to attach the field test equipment to the link under consideration shall be as specified by the test equipment manufacturer to be suitable for link measurements. Flexible cable and connecting hardware has a limited life-cycle and shall be inspected periodically for conformance to specifications (see 5.4.6).

The recommended minimum periodicity is 250 insertions.

Furthermore, it is recommended to follow the manufacturer's instructions for the change of the tester adapter (e.g.: after 5 000).

5.4.10 User cords and channel testing

User cords are equipment cords, patch cords, or jumpers which are included as part of the channel. User cords shall be tested in place in a channel. A user cord may be verified by inserting the cord in the channel under test. If the channel conforms to the transmission requirements, the user cord is approved for use in that channel only. The patch cord shall remain in place and its orientation not reversed.

6 Field tester measurement accuracy requirements

6.1 General

Accuracy is the difference between the measured value reported by the field test equipment and the actual value. Accuracy is a function of the characteristics of the field test equipment as well as the transmission characteristics of the cabling.

Minimum performance levels have been identified for levels IIE, III, IIIE, IV V and VI field test equipment. Each accuracy level has its own set of performance requirements which are described in Clause 6.

Error models for each of the measurements provide estimates for the measurement accuracy for each parameter to be measured. The error models use the most important performance parameters that are expected to influence measurement accuracy. However, there may be additional sources of measurement error that are not reflected in this error model, depending on the incorporation of the measurement circuitry in the field tester. Furthermore, there are numerous assumptions that may not always be achieved.

In addition to performance requirements for the properties of field testers, methods to compare the results obtained by field test equipment with those using laboratory methods are specified. Laboratory methods are described in 6.12. The deviation of the two results shall be no more than the total sum of the estimated measurement accuracy of the field test equipment and estimated measurement accuracy of the laboratory measurement system. Since the observed measurement accuracy also depends on the properties of the links that are used in the comparison, the computed measurement accuracy per the error models in 6.11 shall be in harmony with the observed measurement accuracy as described in 6.12.

The following estimated measurement accuracy indicators are applicable to

- permanent link pass/fail limit for baseline and link;
- channel pass/fail limit for the channel;
- at the highest test frequency applicable to class D for level IIE, class E for level III, class E_A for level IIIE, class F for level IV and class F_A for level V and Class I and II for level VI.

In cases where measured insertion loss is less than 3 dB, the pass/fail limits for return loss shall not apply. In cases where measured insertion loss is less than 4 dB, the pass/fail limits for insertion loss and NEXT shall not apply.

NOTE 1 The measurement accuracy for all parameters except return loss exhibits worst-case accuracy at the highest test frequency. In case of return loss, the worst case occurs at low frequencies. However, at very low frequencies, the 3 dB rule discards low frequency results.

NOTE 2 The measurement accuracy for all parameters except return loss is dependent on the link or channel pass/fail limit. In case of return loss, the return loss measurement accuracy when computed at the permanent link pass/fail limit rather than the channel limit is degraded by approximately 0,4 dB.

NOTE 3 Practically, performance parameters of field testers are often considerably improved over those minimally required. The field tester manufacturer can specify improved measurement accuracy, and use this improved measurement accuracy to reduce the uncertainty band as depicted in Figure 19.

The actual accuracy specified by instrument manufacturers is called “nominal accuracy” and equals approximately half of the worst case accuracy as reported in Table 8 through Table 15.

The accuracy of any two levels of test equipment (e.g. level IIE and level V) should be compared within the error models using the same limit lines.

In addition for level VI, where updated error models are used, the levels of tester should be compared using the same error models.

When considering absolute accuracy, the analysis should be referenced to the same limit line and the same error model.

Table 8 provides the worst case propagation delay, delay skew, DC resistance and length measurement accuracy for level IIE, level III, level IV, level V, and VI test instruments.

Table 8 – Worst case propagation delay, delay skew, DC resistance and length measurement accuracy for level IIE, level III, level IV, level V, and VI test instruments

Test parameter Level IIE, III, IV, V	Baseline accuracy at permanent link limit	Link accuracy at permanent link limit	Channel accuracy at channel limit
Propagation delay	27 ns	27 ns	25 ns
Delay skew	10 ns	10 ns	10 ns
Length	4,6 m	4,6 m	5 m
DC resistance	1,2 Ω	1,2 Ω	1,3 Ω

Table 9 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIE test instruments.

Table 9 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIE test instruments

Test parameter Level IIE	Baseline accuracy at permanent link limit	Link accuracy at permanent link limit	Channel accuracy at channel limit
Frequency	100 MHz	100 MHz	100 MHz
	dB	dB	dB
Insertion loss	1,3	1,7	1,9
NEXT	1,8	2,4	3,6
Power sum NEXT	1,9	2,3	3,8
ACR-N	2,3	3,0	4,2
Power sum ACR-N	2,3	2,9	4,4
ELFEXT	2,3	3,0	4,4
Power sum ELFEXT/ACR-F	2,4	3,1	4,8
Return loss	1,9	2,9	2,4

Table 10 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level III test instruments.

Table 10 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level III test instruments

Test parameter Level III	Baseline accuracy at permanent link limit		Link accuracy at permanent link limit		Channel accuracy at channel limit	
Frequency	100 MHz	250 MHz	100 MHz	250 MHz	100 MHz	250 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,2	1,9	1,3	2,3	1,4	2,5
NEXT	1,8	2,8	2,3	3,6	2,9	4,2
Power sum NEXT	2,0	2,9	2,6	3,8	3,2	4,5
ACR-N	2,0	3,2	2,5	4,1	3,1	4,7
Power sum ACR-N	2,0	3,0	2,6	3,9	3,7	4,6
ELFEXT/ACR-F	1,8	3,1	2,2	4,1	3,4	5,0
Power sum ELFEXT/ACR-F	1,9	3,2	2,1	3,8	3,6	4,9
Return loss	2,8	2,5	3,5	4,3	2,9	3,9

Table 11 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIIE test instruments.

Table 11 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIIe test instruments

Test parameter Level IIIe	Baseline accuracy at permanent link limit			Link accuracy at permanent link limit			Channel accuracy at channel limit		
	100 MHz	250 MHz	500 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,2	1,9	2,7	1,3	2,3	2,8	1,4	2,5	3,1
NEXT	1,8	2,8	3,9	2,3	3,6	4,6	2,9	4,2	5,2
Power sum NEXT	1,9	2,9	4,0	2,6	3,8	4,7	3,2	4,5	5,4
ACR-N	2,0	3,2	4,5	2,5	4,1	5,2	3,1	4,7	5,9
Power sum ACR-N	2,0	3,0	4,1	2,6	3,9	4,8	3,3	4,6	5,5
ELFEXT/ACR-F	1,8	2,9	4,2	2,2	3,9	5,2	3,4	4,9	6,0
Power sum ELFEXT/ACR-F	1,8	2,9	4,2	2,1	3,6	4,8	3,5	4,7	5,6
Return loss	2,8	2,5	2,2	3,5	4,3	4,5	3,0	3,8	4,1

Table 12 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level IV test instruments.

Table 12 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level IV test instruments

Test parameter Level IV	Baseline accuracy at permanent link limit			Link accuracy at permanent link limit			Channel accuracy at channel limit		
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,2	1,9	2,1	1,3	2,3	2,5	1,4	2,5	2,8
NEXT	2,1	2,8	3,7	2,5	3,6	4,7	3,8	4,8	5,4
Power sum NEXT	2,3	2,9	3,8	2,7	3,8	4,9	4,3	5,1	5,7
ACR-N	2,5	3,5	4,4	2,9	4,4	5,5	4,3	5,5	6,2
Power sum ACR-N	2,7	3,6	4,5	3,1	4,5	5,6	4,7	5,9	6,5
ELFEXT/ACR-F	2,3	3,6	4,5	2,9	4,5	5,6	4,3	5,6	6,3
Power sum ELFEXT/ACR-F	2,4	3,7	4,8	3,1	4,8	6,2	4,8	6,1	6,9
Return loss	2,7	2,4	2,4	3,2	2,8	2,7	2,7	2,5	2,4

Table 13 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level V.

Table 13 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level V

Test parameter Level V	Baseline accuracy at permanent link limit				Link accuracy at permanent link limit				Channel accuracy at channel limit			
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz
Frequency												
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,2	1,9	2,1	2,9	1,3	2,3	2,5	3,5	1,4	2,5	2,9	4,2
NEXT	2	2,9	3,7	4,3	2,3	3,7	4,7	5,4	2,6	3,9	5	6,1
Power sum NEXT	2,2	3	3,8	4,3	2,4	3,9	4,9	5,5	2,8	4,1	5,1	6,4
ACR-N	2,4	3,5	4,4	5,1	2,7	4,4	5,5	6,3	3,1	4,7	5,8	7,2
Power sum ACR-N	2,6	3,6	4,4	5,2	2,9	4,6	5,6	6,4	3,3	4,9	5,9	7,4
ACR-F	2,3	3,5	4,3	5,1	2,9	4,3	5,4	6,3	4,1	5,4	6,2	7,2
Power sum ACR-F	2,4	3,6	4,4	5,2	3,1	4,5	5,6	6,5	4,5	5,8	6,5	7,4
Return loss	2,7	2,4	2,4	2,4	3,2	2,8	2,7	2,9	2,7	2,5	2,4	2,6

Table 14 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class I).

Table 14 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class I)

Test parameter Level VI	Baseline accuracy at permanent link limit					Link accuracy at permanent link limit					Channel accuracy at channel link limit				
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz
Frequency															
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,0	1,4	2,3	3,3	3,9	1,1	1,7	2,8	4,3	5,1	1,2	1,7	3,0	4,4	5,1
NEXT	1,3	2,0	3,5	4,1	4,4	1,5	2,5	4,4	5,1	5,4	1,8	2,6	4,5	5,3	5,7
Power sum NEXT	1,3	2,0	3,5	4,1	4,4	1,5	2,5	4,4	5,1	5,4	2,1	2,9	4,6	5,5	6,3
ACR-N	1,4	2,3	3,9	4,7	5,1	1,6	2,8	4,9	5,8	6,2	1,9	2,9	5,0	6,0	6,5
Power sum ACR-N	1,4	2,3	3,9	4,7	5,1	1,6	2,8	4,9	5,8	6,2	2,2	3,2	5,1	6,2	7,0
ACR-F	1,7	2,5	4,2	5,0	5,3	2,0	3,1	5,2	6,1	6,5	5,2	5,6	6,7	7,5	7,9
Power sum ACR-F	1,7	2,6	4,2	5,0	5,3	2,2	3,2	5,2	6,1	6,5	7,1	7,4	8,3	8,9	9,2
Return loss	3,9	2,9	2,6	2,5	2,8	4,5	3,4	3,0	2,9	3,2	3,8	3,4	3,0	2,9	3,2

Table 15 provides the worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class I).

Table 15 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ACR-F and return loss measurement accuracy for level VI (Using Class II)

Test parameter Level VI	Baseline accuracy at permanent link limit					Link accuracy at permanent link limit					Channel accuracy at channel link limit				
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz
Frequency															
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Insertion loss	1,0	1,4	2,3	3,3	3,9	1,1	1,7	2,8	4,3	5,1	1,2	1,6	2,8	4,2	5,1
NEXT	1,6	2,2	3,6	4,2	4,4	3,1	4,1	5,3	6,0	6,0	3,2	4,1	5,3	6,0	6,0
Power sum NEXT	1,9	2,5	3,8	4,3	4,4	4,4	5,4	6,4	7,1	6,8	4,4	5,4	6,4	7,1	6,8
ACR-N	1,7	2,5	4,0	4,8	5,1	3,2	4,3	5,8	6,7	6,8	3,3	4,3	5,8	6,7	6,8
Power sum ACR-N	2,0	2,7	4,2	4,9	5,1	4,5	5,6	6,8	7,7	7,5	4,5	5,6	6,8	7,7	7,5
ACR-F	2,2	2,8	4,3	5,1	5,3	5,4	5,9	6,9	7,7	7,9	5,3	5,7	6,8	7,6	7,9
Power sum ACR-F	2,7	3,2	4,5	5,3	5,4	7,4	7,8	8,6	9,2	9,2	7,3	7,6	8,4	9,1	9,2
Return loss	3,9	2,9	2,6	2,5	2,8	4,5	3,4	3,0	2,9	3,2	3,8	3,4	3,0	2,9	3,2

6.2 Measurement accuracy specifications common to level IIE, level III, level IIIE, level IV, level V and level VI field testers

The measurement accuracy requirements for propagation delay, delay skew, and length for level IIE, level III, level IIIE, level IV and level V field testers are identical and shown in Table 16. The measurement accuracy requirements for propagation delay, delay skew, and length for level VI field testers are shown in Table 17.

Table 16 – Propagation delay, delay skew, DC resistance and length accuracy performance specifications for level IIE, III, IIIE, IV and V testers

Performance parameter	Propagation delay	Delay skew	DC resistance	Length ^a
Range	0 µs to 1 µs at 10 MHz	0 ns to 100 ns at 10 MHz	0 Ω to 100 Ω	0 m to 305 m
Resolution	1 ns	1 ns	1 Ω	0,1 m
Accuracy	±(5 ns + 4 %)	±10 ns	±(1 Ω + 1 %)	±(1 m + 4 %)
^a Length is not a pass/fail measurement parameter per ISO/IEC 11801-1. The length accuracy is relative to the NVP calibration.				

Table 17 – Propagation delay, delay skew, DC resistance, DC resistance unbalance between pairs and length accuracy performance specifications for level VI testers

Performance parameter	Propagation delay	Delay skew	DC resistance	Length ^a
Range	0 µs to 1 µs at 10 MHz	0 ns to 100 ns at 10 MHz	0 Ω to 100 Ω	0 m to 305 m
Resolution	1 ns	1 ns	0,1 Ω	0,1 m
Accuracy	±(5 ns + 4 %)	±10 ns	±(0,5 Ω + 1 %)	±(1 m + 4 %)

For accuracy requirements for optional measurements, see 5.3.2.

6.3 Accuracy performance requirements for level IIE field testers

Level IIE field test equipment intended to test up to class D cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and include the impact on accuracy of the link adapter. The channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and include the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

Table 18 provides the level IIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

Table 18 – Level IIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level IIE link adapter	Field tester with level IIE channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit (see conditions 1 and 2 below) PP NEXT and FEXT 60 dB, PS NEXT and FEXT 57 dB			dB
Amplitude resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	Insertion loss: 1 MHz to 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F and return loss: 1 MHz to 100 MHz; 1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz to 100 MHz: 250 kHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	±0,75 (see condition 3 below)			dB
Dynamic accuracy ELFEXT/ACR-F	±1,0 (see condition 4 below)			dB
Source/load return loss	1 MHz to 5 MHz: 15 dB 5 MHz to 100 MHz: 20 dB	15 dB		dB
Random noise floor	65 – 15 log($f/100$), 80 dB max			dB
Residual NEXT	60 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	60 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	43 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Residual FEXT	55 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	55 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	35,1 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Output signal balance and common mode rejection	37– 20 log($f/100$) (see condition 6 below)	34 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)		dB
Tracking	± 0,25 dB (see condition 7 below)	± 0,5 dB (see condition 8 below)		dB
Directivity	1MHz to 10 MHz: 30 dB 10 MHz to 100 MHz: 30 – 2 log($f/10$) (see condition 7 below)	25 dB (see condition 8 below)		dB
Source match	20 dB (see condition 7 below)	18 – 20log($\frac{f}{100}$) 20 dB max (see condition 8 below)		dB
Return loss of termination	1MHz to 5 MHz: 23 dB 5 MHz to 100 MHz: 35 – 1,5√ f (see condition 7 below)	1 MHz to 5 MHz: 22 dB 5 MHz to 100 MHz: 15 – 20log($\frac{f}{100}$) 25 dB max (see condition 8 below)		dB
Condition 1: The dynamic range for NEXT and FEXT is 60 dB minimum.				
Condition 2: The dynamic range for power sum NEXT and power sum FEXT is 57 dB minimum.				
Condition 3: Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT and FEXT.				
Condition 4: Dynamic accuracy ELFEXT or ACR-F assumes a dynamic accuracy requirement of ± 0,75 dB for FEXT, which shall be tested, and that the dynamic accuracy performance for insertion loss and FEXT add to the ELFEXT or ACR-F dynamic accuracy shown. It is assumed that the dynamic accuracy performance for ACR-F equals the dynamic accuracy for ELFEXT.				
Condition 5: The verification of residual NEXT and FEXT is up to 75 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes 20 dB/decade.				
Condition 6: Performance verification of output signal balance and common mode rejection is up to 60 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.				
Condition 7: Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 3,8 dB. This value may be achieved by any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.				
Condition 8: Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 4,8 dB. This value may be achieved by any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.				

6.4 Accuracy performance requirements for level III field testers

Level III field test equipment intended to test up to class E cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and includes the impact on accuracy of the link plug adapter. The channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and includes the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

Table 19 provides the level III field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

Table 19 – Level III field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level III link adapter (see conditions 7 and 8 below)	Field tester with level III channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit (see conditions 1 and 2 below) PP NEXT and FEXT 65 dB, PS NEXT and FEXT 62 dB			dB
Amplitude resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	Insertion loss: 1 MHz to 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F and return loss: 1 MHz to 100 MHz; 1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz to 100 MHz: 250 kHz 100 MHz to 250 MHz: 500 kHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	± 0,75 (see condition 3 below)			dB
Dynamic accuracy ELFEXT/ACR-F	± 1,0 (see condition 4 below)			dB
Source/load return loss	20 – 12,5 log($f/100$), 20 dB max.	18 – 12,5 log($f/100$), 20 dB max		dB
Random noise floor	75 – 15 log($f/100$), 85 dB max			dB
Residual NEXT	65 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	60 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	54 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Residual FEXT	65 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	65 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	43,1 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Output signal balance	40 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)	37 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)		dB
Common mode rejection	40 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)	37 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)		dB
Tracking	± 0,5 dB			dB
Directivity	27 – 7 log($f/100$), 30 dB max.	25 – 20 log($f/100$), 25 dB max.		dB
Source match	20 dB	20 – 20 log($f/100$), 20 dB max.		dB
Return loss of termination	25 – 15 log($f/100$), 25 dB max.	16 – 15 log($f/100$), 25 dB max.		dB
Condition 1: The dynamic range for NEXT and FEXT is 65 dB minimum.				
Condition 2: The dynamic range for power sum NEXT and power sum FEXT is 62 dB minimum.				
Condition 3: Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT and FEXT.				
Condition 4: Dynamic accuracy ELFEXT or ACR-F assumes a dynamic accuracy requirement of ± 0,75 dB for FEXT, which shall be tested, and that the dynamic accuracy performance for insertion loss and FEXT add to the ELFEXT or ACR-F dynamic accuracy shown. It is assumed that the dynamic accuracy performance for ACR-F equals the dynamic accuracy for ELFEXT.				
Condition 5: The verification of residual NEXT and FEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes 20 dB/decade.				
Condition 6: Performance verification of output signal balance and common mode rejection is up to 60 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.				
Condition 7: Link plug adapter NEXT shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for category 6 in IEC 60603-7 (all parts). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.12.2. In this case, a reference plug qualified per IEC 60603-7 shall be used to obtain the reference laboratory measurement.				
Condition 8: Link plug adapter FEXT shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for category 6 in IEC 60603-7 (all parts). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.12.2. In this case, a reference plug qualified per IEC 60603-7 shall be used to obtain the reference laboratory measurement.				

6.5 Accuracy performance requirements for level IIIE field testers

Level IIIE field test equipment intended to test up to class E_A cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and include the impact on accuracy of the link plug adapter. The channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and include the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

Table 20 provides the level IIIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

Table 20 – Level IIIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level III E link adapter	Field tester with level III E channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit (see conditions 1 and 2 below) PP NEXT and FEXT 65 dB, PS NEXT and FEXT 62 dB			dB
Amplitude resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz to 100 MHz: 250 kHz 100 MHz to 250 MHz: 500 kHz 250 MHz to 500 MHz: 1 MHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	± 0,75 (see condition 3 below)			dB
Dynamic accuracy ELFEXT/ACR-F	± 1,0 (see condition 4 below)			dB
Source/load return loss	20 – 12,5 log($f/100$), 20 dB max. 12,5 dB min	18 – 12,5 log($f/100$), 20 dB max., 12 dB min		dB
Random noise floor	100 – 15 log($f/100$) 90 dB max.	95 – 15 log($f/100$) 85 dB max.		dB
Residual NEXT	65 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	60 – 20 log($f/100$) (see conditions 5 and 7 below)	54 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Residual FEXT	65 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	65 – 20 log($f/100$) (see conditions 5 and 8 below)	43,1 – 20 log($f/100$) (see condition 5 below)	dB
Output signal balance	40 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)	37 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)		dB
Common mode rejection	40 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)	37 – 20 log($f/100$) (see condition 6 below)		dB
Tracking	± 0,5 dB	1 MHz to 250 MHz: ± 0,5 dB 250 MHz to 500 MHz: ± {0,5 + 0,000 667×(f -250)} dB		dB
Directivity	(applicable when IL > 3 dB) 1 MHz to 300 MHz: 27 – 7 log($f/100$), 30 dB max. 300 MHz to 500 MHz: 23,7 dB	25 – 20 log($f/100$), 25 dB max, 15 dB min		dB
Source match	20 dB	20 – 20 log($f/100$), 20 dB max, 12 dB min		dB
Return loss of termination	(applicable when IL > 3dB) 20 – 15 log($f/100$), 25 dB max., 12,5 dB min	16 – 15 log($f/100$), 25 dB max, 12 dB min		dB
Condition 1: The dynamic range for NEXT and FEXT is 65 dB minimum.				
Condition 2: The dynamic range for power sum NEXT and power sum FEXT is 62 dB minimum.				

Condition 3: Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT and FEXT.
Condition 4: Dynamic accuracy ELFEXT or ACR-F assumes a dynamic accuracy requirement of $\pm 0,75$ dB for FEXT, which shall be tested, and that the dynamic accuracy performance for insertion loss and FEXT add to the ELFEXT or ACR-F dynamic accuracy shown. It is assumed that the dynamic accuracy performance for ACR-F equals the dynamic accuracy for ELFEXT of ACR-F.
Condition 5: The verification of residual NEXT and FEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a 20 dB/decade rate.
Condition 6: Performance verification of output signal balance and common mode rejection is up to 50 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a 20 dB/decade rate.
Condition 7: Link adapter plug NEXT loss shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for category 6 in IEC 60603-7 (all parts). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.12.2. In this case, a reference plug qualified per IEC 60603-7 shall be used to obtain the reference laboratory measurement.
Condition 8: Link adapter plug FEXT loss shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for category 6 in IEC 60603-7 (all parts). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.12.2. In this case, a reference plug qualified per IEC 60603-7 shall be used to obtain the reference laboratory measurement.

6.6 Accuracy performance requirements for level IV field testers

Level IV field test equipment intended to test up to class F cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and include the impact on accuracy of the link adapter. The channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and include the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

These requirements apply to level IV field test equipment intended to test class F cabling utilizing category 7 connecting hardware either meeting the requirements of IEC 60603-7 or IEC 61076-3-104. In the modular 8-pin measurement mode, the level III performance requirements shall apply.

Table 21 provides the level IV field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

Table 21 – Level IV field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level IV link adapter	Field tester with level IV channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit (see conditions 1 and 2 below) PP NEXT and FEXT loss 65 dB, PS NEXT and FEXT loss 62 dB			dB
Amplitude resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz to 100 MHz: 250 kHz 100 MHz to 250 MHz: 500 kHz 250 MHz to 600 MHz: 1 MHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	$\pm 0,75$ (see condition 1 below)			dB
Dynamic accuracy ELFEXT/ACR-F	$\pm 1,0$ (see condition 2 below)			dB
Source/load return loss	1 MHz to 300 MHz: $20 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max 300 MHz to 600 MHz: 14 dB	1 MHz to 300 MHz: $18 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max 300 MHz to 600 MHz: 12dB	1 MHz to 300 MHz: $18 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max 300 MHz to 600 MHz: 12dB	dB
Random noise floor	$100 - 15 \log(f/100)$ 90 dB max	$95 - 15 \log(f/100)$ 85 dB max		dB
Residual NEXT	$90 - 20 \log(f/100)$ (see condition 3 below)	$85 - 20 \log(f/100)$ (see condition 3 below)	$72,4 - 15 \log(f/100)$ Note 3	dB
Residual FEXT	$80 - 20 \log(f/100)$ (see condition 4 below)	$75 - 20 \log(f/100)$ (see condition 4 below)	$60 - 15 \log(f/100)$ (see condition 4 below)	dB
Output signal balance	$40 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	$37 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	$37 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	dB
Common mode rejection	$40 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	$37 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	$37 - 20 \log(f/100)$ (see condition 5 below)	dB
Tracking	$\pm 0,5$ (see condition 6 below)			dB
Directivity	1 MHz to 300 MHz $27 - 7 \log(f/100)$, 30 dB max (see condition 6 below) 300 MHz to 600 MHz: 23,7 dB	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log(f/100)$, 30 dB max (see condition 6 below) 300 MHz to 600 MHz: 21,7 dB	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log(f/100)$, 30 dB max (see condition 6 below) 300 MHz to 600 MHz: 21,7 dB	dB
Source match	20 dB (see condition 6 below)			dB
Return loss of termination	1 MHz to 250 MHz: $20 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max (see condition 6 below) 250 MHz to 600 MHz: 14 dB	1 MHz to 250 MHz: $18 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max (see condition 6 below) 250 MHz to 600 MHz: 12 dB	1 MHz to 250 MHz: $18 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max (see condition 6 below) 250 MHz to 600 MHz: 12 dB	dB
Condition 1: Verification of dynamic accuracy is required up to the specified range for NEXT and FEXT.				
Condition 2: The dynamic accuracy is based on dynamic accuracy performance for insertion loss (attenuation) and NEXT, and is assumed to combine the dynamic accuracy for ELFEXT or ACR-F as specified. The FEXT dynamic accuracy is tested to $\pm 0,75$ dB. The highest FEXT value to be measured is 70 dB.				
Condition 3: Performance verification of residual NEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate that is specified for category 7 connecting hardware. The impact of reflected FEXT effects of the adapter to residual NEXT are to be accommodated within this residual NEXT requirement.				
Condition 4: Performance verification of residual FEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate that is specified for category 7 connecting hardware.				
Condition 5: Performance verification of output signal balance and common mode rejection is up to 50 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.				

Condition 6: The performance requirements for tracking, directivity, source match and return loss of termination are applicable when the insertion loss exceeds 3 dB. It assumed that the performance of link and channel adapters are verified after calibration with the baseline instrument.

6.7 Accuracy performance requirements for level V field testers

Level V field test equipment intended to test up to class F_A cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and include the impact on accuracy of the link adapter; the channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and include the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

These requirements apply to level V field test equipment intended to test class F_A cabling utilizing category 7 connecting hardware either meeting the requirements of IEC 60603-7-71 or IEC 61076-3-104. In the modular 8-pin measurement mode, the level III performance requirements shall apply.

Table 22 provides the level V field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

Table 22 – Level V field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level V link adapter	Field tester with level V channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit (see conditions 1 and 2 below) PP NEXT and FEXT loss 65 dB, PS NEXT and FEXT loss 62 dB			dB
Amplitude Resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz to 100 MHz: 250 kHz 100 MHz to 250 MHz: 500 kHz 250 MHz to 600 MHz: 1 MHz 600 MHz to 1 000 MHz: 2 MHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	±0,75 (see condition 1 below)			dB
Dynamic accuracy ELFEXT:ACR-F	±1 (see condition 2 below)			dB
Source/load return loss	1 MHz to 300 MHz: $20 - 12,5 \log (f/100)$, 20 dB max 300 MHz to 600 MHz: 14 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $21 - 9 \log (f/100)$	1 MHz to 300 MHz: $18 - 12,5 \log (f/100)$, 20 dB 300 MHz to 600 MHz: 12 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $19 - 9 \log (f/100)$	1 MHz to 300 MHz: $18 - 12,5 \log (f/100)$, 20 dB max below 300 MHz to 600 MHz: 12 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $19 - 9 \log (f/100)$	dB
Random noise floor	95 dB	90 dB	90 dB	dB
Residual NEXT	$90 - 20 \log (f/100)$ (see condition 3 below)	$85 - 20 \log (f/100)$ (see condition 3 below)	1 MHz to 600 MHz: dB $82,3 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz: $97,9 - 40 \log (f/100)$ (see condition 3 below)	dB
Residual FEXT	$80 - 20 \log (f/100)$ (see condition 4 below)	$75 - 20 \log (f/100)$ (see condition 4 below)	$63,9 - 20 \log (f/100)$ (see condition 4 below)	dB
Output signal balance	1 MHz to 600 MHz $40 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 24,4 dB (see condition 5 below)	1 MHz to 600 MHz $37 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 21,4 dB (see condition 5 below)	1 MHz to 600 MHz $37 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 21,4 dB (see condition 5 below)	dB
Common mode rejection ratio	1 MHz to 600 MHz $40 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 24,4 dB (see condition 5 below)	1 MHz to 600 MHz $37 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 21,4 dB (see condition 5 below)	1 MHz to 600 MHz $37 - 20 \log (f/100)$ 600 MHz to 1 000 MHz 21,4 dB (see condition 5 below)	dB
Tracking	± 0,5 (see condition 5 below)			dB
Directivity	1 MHz to 300 MHz $27 - 7 \log (f/100)$, 30 dB max 300 MHz to 600 MHz: 23,7 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $30,7 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log (f/100)$, 30 dB max 300 MHz to 600 MHz: 21,7 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $28,7 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log (f/100)$, 30 dB max 300 MHz to 600 MHz: 21,7 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $28,7 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	dB
Source match	20 dB (see condition 5 below)			dB

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level V link adapter	Field tester with level V channel adapter	
Return loss of termination	1 MHz to 250 MHz: $20 - 15 \log (f/100)$ 25 dB max 250 MHz to 600 MHz: 14 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $21 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	1 MHz to 250 MHz: $18 - 15 \log (f/100)$ 25 dB max 250 MHz to 600 MHz: 12 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $19 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	1 MHz to 250 MHz: $18 - 15 \log (f/100)$ 25 dB max 250 MHz to 600 MHz: 12 dB 600 MHz to 1 000 MHz: $19 - 9 \log (f/100)$ (see condition 6 below)	dB
Condition 1: Verification of dynamic accuracy is required up to the specified range for NEXT and FEXT.				
Condition 2: The dynamic accuracy is based on dynamic accuracy performance for insertion loss (attenuation) and NEXT, and is assumed to combine the dynamic accuracy for ELFEXT or ACR-F as specified. The FEXT dynamic accuracy is tested to $\pm 0,75$ dB. The highest FEXT value to be measured is 70 dB.				
Condition 3: Performance verification of residual NEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate that is specified for category 7A connecting hardware. The impact of reflected FEXT effects of the adapter to residual NEXT are to be accommodated within this residual NEXT requirement.				
Condition 4: Performance verification of residual FEXT is up to 85 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate that is specified for category 7A connecting hardware.				
Condition 5: Performance verification of output signal balance and common mode rejection is up to 50 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.				
Condition 6: The performance requirements for tracking, directivity, source match and return loss of termination are applicable when the insertion loss exceeds 3 dB. It assumed that the performance of link and channel adapters are verified after calibration with the baseline instrument.				

6.8 Accuracy performance requirements for level VI field testers

Level VI field test equipment intended to test up to class I and II cabling shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions at the reference plane of measurement for the test configuration. The baseline accuracy requirements apply at the measurement ports of the field tester. The link accuracy requirements apply at the reference planes for the permanent link or CP link and include the impact on accuracy of the link adapter; the channel accuracy requirements apply at the reference planes for the channel and include the impact on the accuracy of the channel adapter. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in Figure 19.

These requirements apply to level VI field test equipment intended to test class I and II cabling utilizing connecting hardware either meeting the requirements of IEC 60603-7-81, IEC 60603-7-82 or IEC 61076-3-104. In the modular 8-pin measurement mode, the level IIIc performance requirements shall apply.

Table 23 provides the level IV field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines.

Table 23 – Level VI field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level VI link adapter	Field tester with level VI channel adapter	
Dynamic range	3 dB over test limit PP NEXT and FEXT loss 65 dB PS NEXT and FEXT loss 62 dB			dB
Amplitude resolution	0,1			dB
Frequency range and resolution	1 MHz to 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 to 100 MHz: 250 kHz 100 MHz to 250 MHz: 500 kHz 250 MHz to 600 MHz: 1 MHz 600 MHz to 2 000 MHz: 2 MHz			MHz
Dynamic accuracy NEXT	0,75 ^a			dB
Dynamic accuracy ELFEXT:ACR-F	1,0 ^b			dB
Source/load return loss	1 MHz to 1 000 MHz: $39 - 9 \cdot \log(f)$ dB, 20 dB max 1 000 MHz to 2 000 MHz: 12 dB	1 MHz to 1 000 MHz: $37 - 9 \cdot \log(f)$ dB, 20 dB max 1 000 MHz to 2 000 MHz: 10 dB		dB
Random noise floor	1 MHz to 1 000 MHz: 95 dB 1 000 MHz to 1 310 MHz $350,6 - 85,2 \cdot \log(f)$ 1 310 MHz to 2 000 MHz: 85 dB	1 MHz to 1 000 MHz: 90 dB 1 000 MHz to 1 310 MHz $345,6 - 85,2 \cdot \log(f)$ 1 310 MHz to 2 000 MHz: 80 dB		dB
Residual NEXT loss ^c	1 MHz to 2 000 MHz $130 - 20 \cdot \log(f)$ max 90 dB	For Class I: 1 MHz to 2 000 MHz $125 - 20 \cdot \log(f)$ max 90 dB	For Class I: 1 MHz to 500 MHz $104 - 20 \cdot \log(f)$ max 90 dB 500 MHz to 2 000 MHz $50,0206 - 45 \cdot \log(f / 500)$	dB
		For Class II: 1 MHz to 1 000 MHz $116,3 - 20 \cdot \log(f)$ 1 000 MHz to 2 000 MHz $56,3 - 60 \cdot \log(f / 1\,000)$ max 80 dB	For Class II: 1 MHz to 1 000 MHz $116,3 - 20 \cdot \log(f)$ 1 000 MHz to 2 000 MHz $56,3 - 60 \cdot \log(f / 1\,000)$ max 80 dB	

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level VI link adapter	Field tester with level VI channel adapter	
Residual FEXT loss ^d	1 MHz to 2 000 MHz $120 - 20 \cdot \log(f)$ max 85 dB	For Class I: 1 MHz to 2 000 MHz $110 - 20 \cdot \log(f)$ max 85 dB For Class II: 1 MHz to 1 000 MHz $103,9 - 20 \cdot \log(f)$ 1 000 MHz to 2 000 MHz $43,9 - 60 \cdot \log(f / 1\,000)$ max 80 dB	For Class I: 1 MHz to 2 000 MHz $8,1 - 20 \cdot \log(f)$ max 85 dB For Class II: 1 MHz to 1 000 MHz $103,9 - 20 \cdot \log(f)$ 1 000 MHz to 2 000 MHz $43,9 - 60 \cdot \log(f / 1\,000)$ max 80 dB	dB
Output signal balance	1 MHz to 600 MHz: $80 - 20 \log(f)$ dB max 40 dB 600 MHz to 2 000 MHz: 24,4 dB	1 MHz to 600 MHz: $77 - 20 \log(f)$ dB max 40 dB 600 MHz to 2 000 MHz: 21,4 dB		dB
Common mode rejection ratio	1 MHz to 600 MHz: $80 - 20 \log(f)$ dB max 40 dB 600 MHz to 2 000 MHz: 24,4 dB	1 MHz to 600 MHz: $77 - 20 \log(f)$ dB max 40 dB 600 MHz to 2 000 MHz: 21,4 dB		dB
Tracking		0,5		dB
Directivity	1 MHz to 2 000 MHz: $48,7 - 9 \cdot \log(f)$ dB, 30 dB max	1 MHz to 2 000 MHz: $46,7 - 9 \cdot \log(f)$ dB 30 dB max		dB
Source match	1 MHz to 1 000 MHz: 20 dB 1 000 MHz to 2 000 MHz: $65 - 15 \cdot \log(f)$ dB	1 MHz to 1 000 MHz: 20 dB 1 000 MHz to 2 000 MHz: $65 - 15 \cdot \log(f)$		dB
Return loss of termination	1 MHz to 1 000 MHz: $39 - 9 \cdot \log(f)$ dB, 25 dB max 1 000 MHz to 2 000 MHz: 12 dB	1 MHz to 1 000 MHz: $37 - 9 \cdot \log(f)$ dB Max 25 dB 1 000 MHz to 2 000 MHz: 10 dB		dB
^a Condition 1: Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT loss and FEXT loss.				
^b Condition 2: Dynamic accuracy ACRF assumes a dynamic accuracy requirement of $\pm 0,75$ dB for FEXT loss, which shall be tested, and that the dynamic accuracy performance for insertion loss and FEXT loss add to the ACRF dynamic accuracy shown.				
^c Condition 3: Permanent link adapter plug NEXT loss shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for Class I in IEC PAS 60512-27-200.				
^d Condition 4: Permanent link adapter plug FEXT loss shall be between the lower and upper ranges of test plugs as specified for Class I in IEC PAS 60512-27-200.				

NOTE Differing levels of residual performance for Class I and Class II are caused by the different connector interfaces.

6.9 Field tester requirements applicable to alien crosstalk measurements

The field tester shall comply with all requirements that are applicable to the regular link measurements as in 6.5, 6.6 or 6.7.

$$\text{Measurement floor} \geq 95 - 20\lg\left(\frac{f}{100}\right), \text{ 95 dB maximum} \quad (31)$$

The power sum measurement floor of the test device using an estimated maximum number of power sum crosstalk measurements shall be determined. The actual power sum correction as a function of the actual number of disturbing pairs is computed from the worst case power sum measurement floor. Refer to E.2.6.6 for more information.

6.10 Procedures for determining field tester parameters

6.10.1 General

Field test equipment is designed with two units that are attached to opposite ends of the cabling to be tested. Internal to these units are source and load ports that are used for measurements. The following measurements shall be used to determine compliance with the specified requirements, and shall apply to the entire frequency range specified in these tables.

The field test equipment parameters shall be verifiable by independent parties. The field test equipment shall include functionality to make independent verification possible. The field tester manufacturers shall make them available to independent parties for measurement purposes. Elaborate laboratory instrumentation may be required to perform these tests.

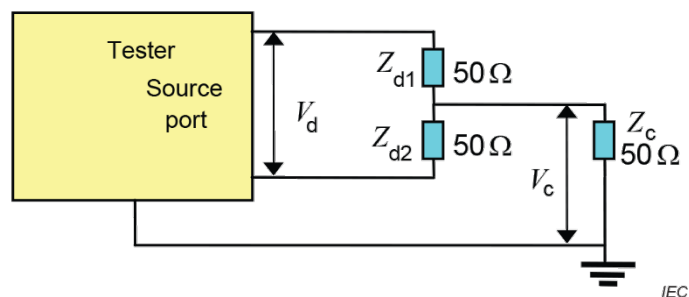
6.10.2 Output signal balance (OSB)

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements;
- FEXT and power sum FEXT measurements.

The field test instrument shall be connected to ground for the measurement as near as possible to the port to be measured. This shall provide a low impedance path to instrument ground of the field test instrument over the specified frequency range. The OSB compliance test shall be conducted without and with a polarity reversal. If there is a pass condition with one polarity and a failure with the other polarity, the average value shall be used to determine compliance with the requirements.

Figure 20 shows the block diagram for measuring output signal balance.



Key

Tester	field tester
Source port	output port connected to the cabling
V_d	differential mode output voltage
V_c	common mode output voltage
Z_{d1}, Z_{d2}	differential termination (1/2 of nominal impedance each)
$Z_{d1} = Z_{d2} = 50 \Omega \pm 1 \%$	Z_{d1} and Z_{d2} are matched to $\pm 0,1 \%$
Z_c	termination to common terminal; $Z_c = 50 \Omega \pm 1 \%$
	total common mode impedance equals $\frac{1}{4} (Z_{d1} + Z_{d2}) + Z_c$

Figure 20 – Block diagram for measuring output signal balance

NOTE This test configuration differs from the test arrangements for measuring the output signal balance (OSB) of baluns used in laboratory measurements. This effectively causes the termination to the common terminal of the measurement equipment (Z_c) to become 25Ω . This arrangement is kept for historic reasons.

$$OSB = 20 \lg \left| \frac{V_d}{V_c} \right| \quad (32)$$

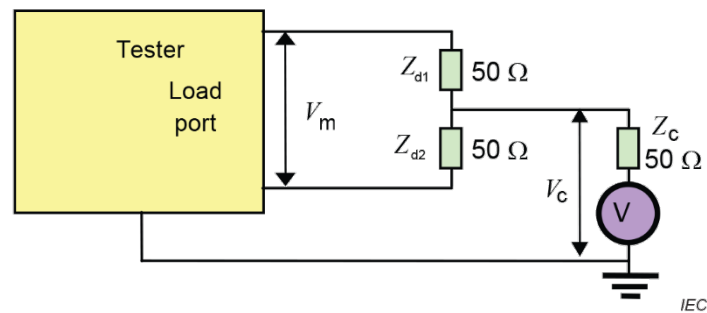
6.10.3 Common mode rejection (CMR)

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements;
- FEXT and power sum FEXT measurements.

Common mode rejection is defined as the ratio of the measured differential voltage to a common mode voltage applied to the load port. (V_c/V_m is used to make the value positive per convention.) The field test equipment shall be connected to ground for the measurement as near as possible to the port to be measured. This connection shall provide a low impedance path to the signal ground of the field tester over the specified frequency range. The CMR compliance test shall be conducted without and with a polarity reversal. If there is a pass condition with one polarity and a failure with the other polarity, the average value shall be used to determine compliance with the requirements.

Figure 21 shows the block diagram for measuring common mode rejection.

**Key**

Tester	field tester
Load port	measurement port connected to the cabling
V_m	differential mode signal measured by the field tester
V_c	common mode voltage applied to the field tester measurement port connections
Z_{d1}, Z_{d2}	differential termination (1/2 of nominal impedance each)
$Z_{d1} = Z_{d2} = 50 \Omega \pm 1 \%$	Z_{d1} and Z_{d2} are matched to $\pm 0,1 \%$
Z_c	common mode source impedance; $Z_c = 50 \Omega \pm 1 \%$

Figure 21 – Block diagram to measure common mode rejection

NOTE This test configuration differs from the test arrangements for measuring the OSB of baluns used in laboratory measurements. This effectively causes the termination to the common terminal of the measurement equipment (Z_c) to become 25Ω . This arrangement is kept for historic reasons.

$$OSB = 20 \lg \left| \frac{V_c}{V_m} \right| \quad (33)$$

6.10.4 Residual NEXT

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements.

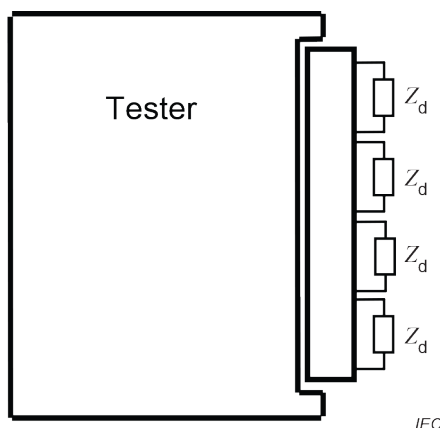
Residual NEXT is the measured voltage, V_m , at the load port due to the source port voltage, V_0 , with the field test instrument measuring NEXT, $Z_d = 100 \Omega$, with return loss < 20 dB over the specified frequency range. Measured voltage is the voltage determined by the field test equipment. A procedure measuring voltage with an external voltmeter at the output detector is acceptable if equivalency can be demonstrated.

$$Residual\ NEXT = -20 \lg(V_m / V_c) \quad (34)$$

The termination to the field test equipment shall be applied at the same location that a through connection will measure 0 dB reference (excluding additional insertion loss of test leads). In some field test equipment, this will be at the end of the test leads.

V_0 is applied to each resistor Z_d , one at a time, while V_m is the measured voltage across another Z_d when the test equipment is measuring NEXT. An appropriate allowance shall be made for FEXT coupling in the adapter, which in combination with reflections of the test configuration will contribute to residual NEXT. This is expected to be significant for a channel test adapter.

Figure 22 shows the block diagram for measuring residual NEXT.



Key

Tester field tester

Z_d termination load equal to the nominal impedance (100 Ω)

Figure 22 – Block diagram for measuring residual NEXT

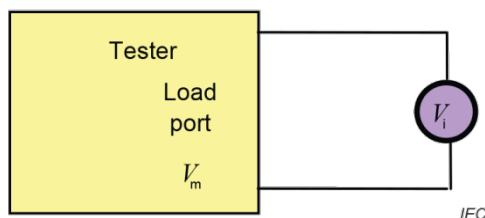
6.10.5 Dynamic accuracy

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements;
- FEXT and power sum FEXT measurements;
- insertion loss measurements.

Dynamic accuracy is the accuracy of the measured value to an external voltage input. The voltage input shall provide a minimum source balanced input of 40 dB with a minimum return loss of 20 dB.

Figure 23 shows the block diagram for measuring dynamic accuracy.



Key

Tester field tester

Load port measurement port connected to the cabling

V_m differential mode signal measured by the field tester

V_i input voltage applied to the field tester

Figure 23 – Block diagram for measuring dynamic accuracy

V_i could be sourced by the field instrument under test and injected into the receiver through a resistive attenuator when the residual crosstalk is 30 dB below the injected signal level.

6.10.6 Source/load return loss

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements;
- ELFEXT or ACR-F and power sum ELFEXT or ACR-F measurements;
- insertion loss measurements.

The source and load return loss of the insertion loss, NEXT and ELFEXT measurement functions shall be measured with a network analyser calibrated to a 100 Ω resistor with return loss of better than 40 dB over the frequency range of interest.

When the calibration includes an impedance matching transformer/balun then a better than 40 dB longitudinal conversion loss shall be required.

$$\text{Return loss} = -20 \log \left(\frac{V_{\text{reflected}}}{V_{\text{incident}}} \right) \quad (35)$$

6.10.7 Random noise floor

This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements;
- ELFEXT or ACR-F and power sum ELFEXT or ACR-F measurements.

The random noise floor is the ratio of the measured voltage V_m when the source port voltage is zero, to the source port voltage V_o under normal measurement conditions.

$$\text{Return loss} = -20 \log(V_m/V_o) \quad (36)$$

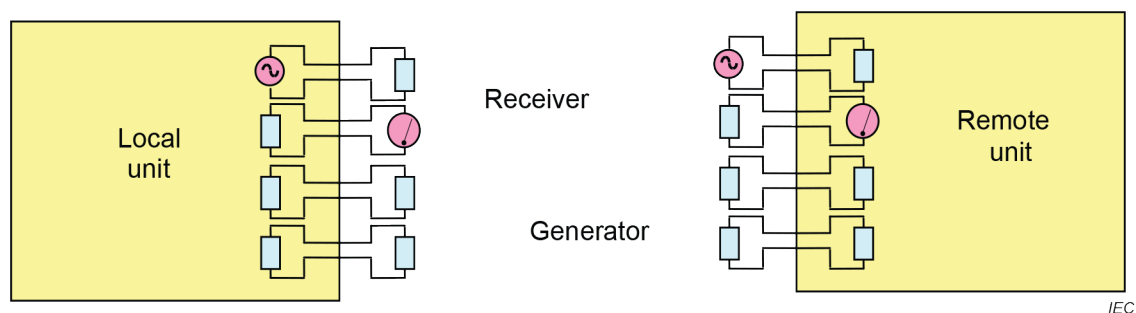
A procedure measuring voltage with an external voltmeter at the output of the detector is acceptable if it demonstrates equivalency.

6.10.8 Residual FEXT

This performance requirement is applicable to

- FEXT and power sum FEXT measurements.

The FEXT of the local instrument connector can be determined by measuring the FEXT using an external receiver and the FEXT of the remote instrument connector can be determined using an external signal generator (see Figure 24). The responses can be normalized by connecting the receiver to the stimulus pair and the signal generator to the measurement pair of the local instrument and remote instrument respectively.



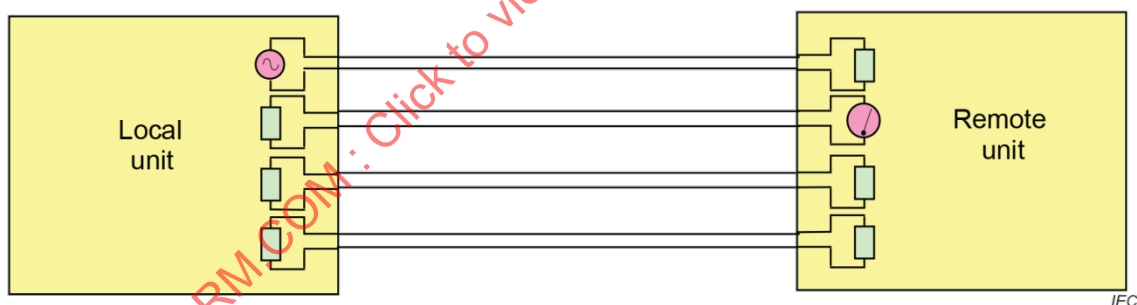
Key

Local unit	local field tester unit
Remote unit	remote field tester unit
Receiver	external receiver measuring signal from local unit
Generator	external generator applying signal to remote unit

Figure 24 – Principle of measurement of residual NEXT

Alternately, the residual FEXT may be measured by interconnecting the local and remote field tester units using individual pairs in multiple cables. In the first measurement configuration, the wires are as short as possible and of equal length. In the second measurement configuration, the length difference between pairs is selected so that a phase delay of approximately 180° at 100 MHz results. This may also be accomplished by a tip/ring reversal in one of the pairs. The worst case residual FEXT of both measurement configurations shall be used, and one half of this amount shall be assigned to the connection at each end.

Figure 25 shows the principle of alternate measurement of residual FEXT.



Key

Local unit	local field tester unit
Remote unit	remote field tester unit

Figure 25 – Principle of alternate measurement of residual FEXT

6.10.9 Directivity

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

Directivity is a measure of the signal that couples into the measurement channel and adds to the reflected signal that is measured. It is measured by performing a return loss measurement when terminating each wire-pair of the test interface with 100Ω r.f. chip resistors that have a return loss better than 40 dB from 1 MHz to the upper frequency limit of the class.

6.10.10 Tracking

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

Tracking is the response of the transducer used to determine the reflected signal. It is determined from two measurements:

- measurement of return loss with all wire-pairs short-circuited (the actual reflection coefficient is -1) as a function of frequency;
- measurement of return loss with all wire-pairs open-circuit as a function of frequency (the actual reflection coefficient is $+1$).

The average value of the two measurements is the tracking error in decibels (dB). If the measured results are expressed in positive decibel values, the tracking error for level IIE, III, IIIE, IV, and V is given by Equation (37) and for level VI testers by Equation (38):

$$Tracking_{dB} = -20 \lg \left(\frac{\frac{-RL_{short,dB}}{10} + \frac{-RL_{open,dB}}{10}}{2} \right) \quad (37)$$

$$Tracking_{dB} = -20 \lg \left(\left| \frac{2(\Gamma_{load} - \Gamma_{short})(\Gamma_{open} - \Gamma_{load})}{(\Gamma_{open} - \Gamma_{short})} \right| \right) \quad (38)$$

The reflection coefficients in Equation (38) shall be complex coefficients including both phase and magnitude information.

6.10.11 Source match

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

Source match is a measurement of the reflected signal that is not absorbed by the return loss measurement circuitry. It is determined from the measurements of directivity, return loss with shorted wire-pairs and return loss with open wire-pairs. With results of all measurements expressed in positive decibel values, the source match error for level IIE, III, IIIE, IV, and V is given by Equation (39) and for level VI testers by Equation (40):

$$Source_Match_{dB} = -20 \lg \left(\left| \frac{\frac{-RL_{short,dB}}{10} + \frac{-RL_{open,dB}}{10}}{2} + 10 \frac{-Directivity_{dB}}{20} \right| \right) \quad (39)$$

$$Source_Match_{dB} = -20 \lg \left(\left| \frac{(\Gamma_{open} + \Gamma_{short}) - 2\Gamma_{load}}{(\Gamma_{open} - \Gamma_{short})} \right| \right) \quad (40)$$

In case phase information is available, this equation may be changed to include relevant phase effects.

6.10.12 Return loss of remote termination

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

The requirements for return loss of the remote termination exceed those for the source/load return loss of the insertion loss, NEXT and FEXT measurement functions. In order to perform this measurement, a network analyser with S-parameter test set, capable of providing one-port calibration, shall be used as described for the source/load return loss measurement of the insertion loss, NEXT and FEXT functions. The return loss of the termination of each pair shall be separately determined.

6.10.13 Constant error term of the propagation delay measurement function

The parameters which affect propagation delay accuracy includes a constant error term E_c and a term E_d .

The constant error term E_c is determined by connecting the main and the remote unit through a shorted possible cable. The measured delay is E_c .

For determining proportional error term E_d , first, the propagation delay $Tr,100$ of approximately 100 m long cable, is measured using the reference measurement method.

Second, the propagation delay of the same cable is measured using the field tester ($Tft,100$).

E_d is determined as:

$$E_d = |Tr,100 - Tft,100| / Tr,100. \quad (41)$$

6.10.14 Error constant term proportional to propagation delay of the propagation delay measurement function

The propagation delay of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using the reference measurement procedure. The propagation delay at 10 MHz is the reference value.

The same cabling shall be connected to the field tester and the propagation delay measured. The reported value by the field tester minus the reported value measured when a very short connection was made to the same field tester shall deviate less from the error constant which is proportional to the propagation delay of the propagation delay measurement function.

6.10.15 Constant error term of the delay skew measurement function

To verify the accuracy of the delay skew measurement, a $100\text{ m} \pm 5\text{ m}$ link with special patch cords as described in the reference measurement procedure for propagation delay shall be used. The length of the pair with the highest propagation delay shall be extended so that the delay skew of these pairs is approximately 50 ns as measured using the phase delay measurement function of the network analyser and determined at a frequency of 10 MHz.

When the link is measured with the field tester, the reported delay skew of the two pairs shall be within 10 ns of the value at a frequency of 10 MHz measured using the reference procedure.

6.10.16 Constant error term of the length measurement function

The constant error term of the length measurement function is determined by connecting the main unit to the remote unit through a short test cable and observing the length that is reported. The reported length shall be less than the constant error term of the length measurement function.

6.10.17 Error constant proportional to the length of measurement function (assuming the cables are taken from the same drum)

A length of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using a tape measure and the NVP calibration shall be performed. A cable with a known length of approximately 50 m shall then be submitted to NVP calibration.

The reported lengths shall deviate from the actual values by less than half the amount of the error constant proportional to length.

6.10.18 Constant error term of the DC resistance measurement function

This procedure is determined by connecting a connector with shorts across each pair. The reported DC resistance in each case shall be less than the constant error term of the DC resistance measurement function.

6.10.19 Error constant term proportional to DC resistance of the DC resistance measurement function

The DC resistance of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using a four-terminal ohmmeter with a specified accuracy of at least 0,25 %. The reference DC resistance measurement procedure shall be used.

The DC resistance of the same cabling, measured by the field tester, less the observed DC resistance value with the pairs shorted, shall be less than the error constant which is proportional to the DC resistance.

6.10.20 Measurement floor for alien crosstalk testing during field testing

6.10.20.1 General

The power sum measurement floor of the test device using a maximum number of power sum crosstalk measurements shall be determined. This measurement floor shall be used to compute the baseline power sum correction for the actual number of alien crosstalk results that are included in the overall PS ANEXT or PS AFEXT results, if used. It is suggested that the power sum measurement floor consists of 100×4 measurements. Refer to Annex E for more information.

6.10.20.2 Measurement floor of the test device for the channel test configuration

The measurement floor of the test device shall be established in the channel test configuration by terminating the channel with plugs that have both differential and common mode terminations as shown in Figure 26. Test instrument A operates as a receiver and test instrument B operates as a signal source. Test instrument A and test instrument B communicate as shown with the dotted line labelled "synchronization". A physical field tester control link is an option of this document. Other implementations of this measurement are acceptable if equivalence is demonstrated. In case a link topology is tested, the channel adapters are replaced with link adapters.

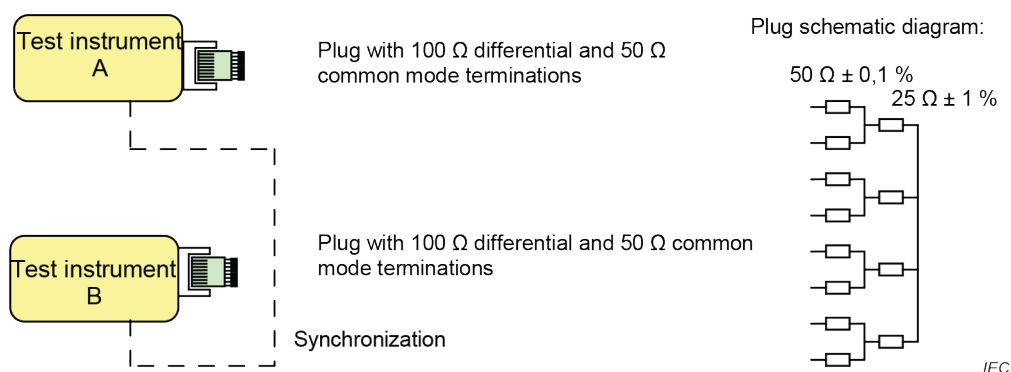


Figure 26 – Alien crosstalk measurement floor test for the channel test configuration

Conduct a single disturbed to disturbing PS ANEXT loss measurement. The power sum measurement floor of any pair shall exceed the specified measurement floor Equation (31) – 6 dB.

6.10.20.3 Measurement floor of the test device with link adapter test cords

A PS ANEXT loss measurement is made by terminating the test cords with differential and common mode terminating jacks as shown in Figure 27. Test instrument A operates as a receiver and test instrument B operates as a signal source. Test instrument A and test instrument B communicate as shown with the dotted line labelled “synchronization”. A physical field tester control link is an option of this document. Other implementations of this measurement are acceptable if equivalence is demonstrated.

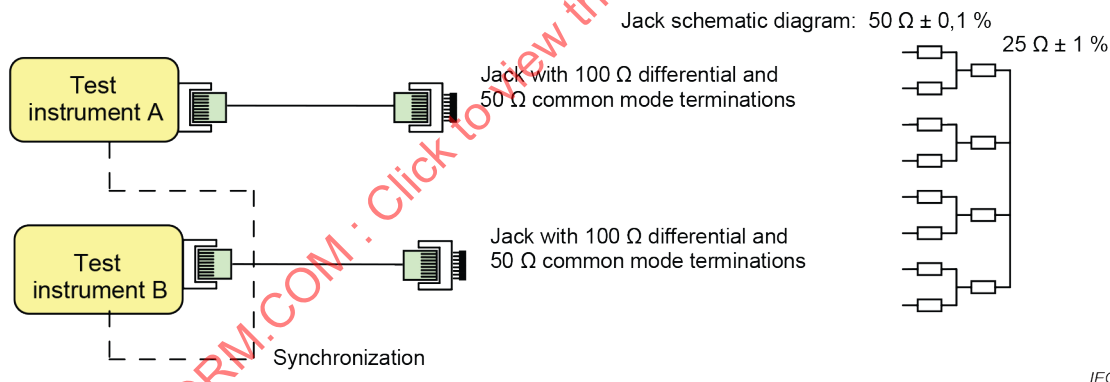


Figure 27 – Alien crosstalk measurement floor test for the link test configurations

The power sum measurement floor of any pair shall exceed the specified measurement floor Equation (31) – 6 dB.

6.11 Measurement error models

6.11.1 General

The measurement accuracy for the link and channel is computed from a baseline accuracy and errors caused by test cables and adapters.

The error models used to estimate the baseline measurement accuracy of the field test equipment are based on the twelve parameter error model defined for network analyser measurements with modifications and simplifications. There is no guarantee that these simplifications and modifications are appropriate in every circumstance and that the error model is complete. Nevertheless, the computed estimated measurement accuracies from the error models shown in 6.11 are a reasonable indication of the measurement performance that

may be expected from a compliant field tester. The computed estimated measurement accuracy shall be in harmony with the results from network analyser comparisons.

6.11.2 Error model for the insertion loss measurement function

The error model for the insertion loss measurement function for level IIe, III, IIIe, IV and V testers is given by Equation (42) and for level VI testers by (43).

$$Accuracy_{IL} = E_{d,IL} + 20 \lg \left[\frac{1 + 10^{\frac{-E_{RL,tester}}{10}}}{\left(1 + 10^{\frac{-(E_{RL,tester} + E_{RL,link})}{20}} \right)^2} \right] \quad (42)$$

$$Accuracy_{IL} (dB) = E_{d,IL} + 20 \lg_{10} \left(\frac{1 + 10^{\frac{-E_{RL,tester}}{10}}}{1 - 2 \times 10^{\frac{-E_{RL,link} - E_{RL,tester}}{20}} - 10^{\frac{-E_{RL,tester} - E_{RL,link}}{10}} - 10^{\frac{-E_{RL,tester} - E_{IL,link}}{10}}} \right) \quad (43)$$

where

- $Accuracy_{IL}$ is the estimated accuracy of the insertion loss measurement function in dB;
- $E_{d,IL}$ is the dynamic accuracy of the tester for insertion loss in dB;
- $E_{RL,tester}$ is the source/load return loss of the tester in dB;
- $E_{RL,link}$ is the return loss of the link in dB.
- $E_{IL,link}$ is the insertion loss of the link in dB.

Assumptions:

- the dynamic accuracy adds up to all other error terms;
- the error from the source/load return loss of the tester plus the impact of the source/load interaction with the return loss of the link is added;
- the impact of the test cable for the measurement of the link and connector used for the channel interface are expected to have a significant effect on the source/load return loss of the field tester.

6.11.3 Error model for the NEXT measurement function

$$Accuracy_{NEXT} = E_{d,NEXT} + 20 \lg \left[\frac{1 + 10^{\frac{-E_{RL,tester}}{10}} + 2 \times 10^{\frac{-(E_{RL,tester} + E_{RL,link})}{20}}}{\sqrt{1 + 10^{\frac{A_{NEXT} - E_{RN}}{10}} + 10^{\frac{A_{NEXT} - E_{NF}}{10}} + 10^{\frac{S_C - E_B}{10}} + 10^{\frac{S_D - E_C}{10}}}} \right] \quad (44)$$

where

$Accuracy_{NEXT}$	is the estimated accuracy of the NEXT measurement function in dB;
A_{NEXT}	is the NEXT signal amplitude for accuracy in dB;
$E_{d,NEXT}$	is the dynamic accuracy of the tester for NEXT in dB;
$E_{RL,tester}$	is the source/load return loss of the tester in dB;
$E_{RL,link}$	is the return loss of the link in dB;
E_{RN}	is the residual NEXT in dB;
E_{NF}	is the random noise floor in dB;
E_B	is the output signal balance (OSB) of the tester in dB;
E_C	is the common mode rejection ration (CMR) of the tester in dB;
S_D	is the common mode to differential coupling gain of the link (relative to the measured value of NEXT, 10 dB is assumed);
S_C	is the differential mode to common mode coupling of the link (relative to the measured value of NEXT, 5 dB is assumed).

6.11.4 Error model for the power sum NEXT measurement function

The estimated accuracy for power sum NEXT is identical to the NEXT, except that for the amplitude A_{NEXT} , $A_{NEXT} + 4,77$ shall be substituted.

6.11.5 Error model for the ACR-N measurement function

The error model for ACR-N depends on the error models for NEXT and insertion loss. These are independent measurements, each with their own error model. The error model for insertion loss is in 6.11.2. The error model for FEXT is like the error model for NEXT in 6.11.3. A combined error model for ACR-N, which includes a total dynamic accuracy equal to approximately the square root of the dynamic accuracy for insertion loss and NEXT, and twice the power of return loss is given by

$$Accuracy_{ACR} = E_{d,ACR} + 20 \lg \left[1 + \sqrt{2} \left(\frac{-E_{RL,tester}}{10} + \frac{-E_{RL,tester} + E_{RL,link}}{20} \right) + \sqrt{\frac{A_{ACR} + A_{IL} - E_{RN}}{10} + \frac{A_{ACR} + A_{IL} - E_{NF}}{10} + \frac{S_C - E_B}{10} + \frac{S_D - E_C}{10}} \right] \quad (45)$$

where

$Accuracy_{ACR}$	is the estimated accuracy of the ACR measurement function in dB;
A_{ACR}	is the NEXT signal amplitude for accuracy in dB;
$E_{d,ACR}$	is the dynamic accuracy of the tester for ACR in dB;

$E_{RL, \text{tester}}$	is the source/load return loss of the tester in dB;
$E_{RL, \text{link}}$	is the return loss of the link in dB;
E_{RN}	is the residual NEXT in dB;
E_{NF}	is the random noise floor in dB;
E_B	is the output signal balance (OSB) of the tester in dB;
E_C	is the common mode rejection ration (CMR) of the tester in dB;
S_D	is the common mode to differential coupling gain of the link (relative to the measured value of NEXT, 10 dB is assumed);
S_C	is the differential mode to common mode coupling of the link (relative to the measured value of NEXT, 5 dB is assumed).

6.11.6 Error model for the power sum ACR-N measurement function

The estimated accuracy for power sum ACR-N is identical to the ACR-N, except that for the amplitude, A_{ACR} shall be substituted by $A_{ACR} + 4,77$.

6.11.7 Error model for the ELFEXT or ACR-F measurement function

The error model for ELFEXT and ACR-F depends on the error models for FEXT and insertion loss. These are independent measurements, each with their own error model. The error model for insertion loss is given in 6.11.2. The error model for FEXT is like the error model for NEXT in 6.11.3.

$$Accuracy_{ELFEXT} = Accuracy_{ACRF} = \left[1 + \sqrt{2} \cdot 10^{\frac{-E_{RL, \text{tester}}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{-(E_{RL, \text{tester}} + E_{RL, \text{link}})}{20}} \right] \cdot 10^{\frac{E_{d, ELFEXT} + 20 \lg \left(\frac{A_{ELFEXT} + A_{IL} - E_{NF}}{10} + \frac{A_{ELFEXT} + 6 - E_{RF}}{10} + \frac{S_C - E_B}{10} + \frac{S_D - E_C}{10} \right)}{10}} \quad (46)$$

where

$Accuracy_{ELFEXT}$	is the estimated accuracy of the ELFEXT measurement function in dB;
$Accuracy_{ACR-F}$	is the estimated accuracy of the ACR-F measurement function in dB;
A_{ELFEXT}	is the ELFEXT or ACR-F signal amplitude for accuracy in dB;
A_{IL}	is the insertion loss signal amplitude for accuracy in dB;
$E_{d, ELFEXT}$	is the dynamic accuracy of the tester for ELFEXT of ACR-F in dB (includes the impact of making both an insertion loss and FEXT measurement, power sum addition of dynamic accuracies);
$E_{RL, \text{tester}}$	is the source/load return loss of the tester in dB;

$E_{RL,link}$	is the return loss of the link in dB;
E_{RF}	is the residual FEXT in dB, per connection;
E_{NF}	is the random noise floor in dB;
E_B	is the output signal balance (OSB) of the tester in dB;
E_C	is the common mode rejection ration (CMR) of the tester in dB;
S_D	is the common mode to differential coupling gain of the link (relative to the measured value of NEXT, 10 dB is assumed);
S_C	is the differential mode to common mode coupling of the link (relative to the measured value of NEXT, 5 dB is assumed).

Assumptions:

- Dynamic accuracy adds up to all other error items.
- An ELFEXT or ACR-F computation is made from the measurement of FEXT and insertion loss. For ELFEXT or ACR-F dynamic accuracy, the dynamic accuracies of insertion loss and FEXT are added in a power sum manner.
- The error from source/load return loss of the tester plus the impact of the source/load interaction with the return loss of the link is added.
- Both the insertion loss and FEXT measurements are subject to errors from return loss. The total impact is estimated by adding in a power sum manner these error contributions. Assuming the return loss contributions are equal, a multiplication factor of $\sqrt{2}$ is used.
- Errors from random noise floor, residual FEXT, output signal balance and common mode rejection are added in a power sum manner.
- Random noise floor errors are based on a signal level equal to the pass/fail limit for ELFEXT/ACR-F plus the insertion loss.
- Residual FEXT errors are caused by both the FEXT in the local and the remote connector. This is represented by the 6 dB constant in the error factor for residual FEXT.
- Errors from output signal balance and common mode rejection are assumed identical to those in the case of NEXT.
- Dynamic accuracy and random noise floor performance is assumed to be independent of the type of link.
- The impact from the test cable for the measurement of the link and connector used for the channel interface are expected to have a significant impact on the source/load return loss, residual FEXT, output signal balance and common mode rejection of the field tester.

6.11.8 Error model for the power sum ELFEXT and PS ACR-F measurement functions

The estimated accuracy for power sum ELFEXT or ACR-F is identical to the ELFEXT or ACR-F, except that for the amplitude A_{ELFEXT} shall be substituted by $A_{ELFEXT} + 4,77$.

6.11.9 Error model for the return loss measurement function

The error model for the return loss measurement relates to contributions to inaccuracy at the input, related to measurement of the reflected signal and contributions which are the result of reflections at the remote termination of the cabling. The error model for the return loss measurement is given by Equation (47) for level IIe, III, IIIe, IV and V testers and Equation (48) for level VI testers.

$$Error_{RL} = TR + 20 \lg \left(1 + \sqrt{10^{\left(\frac{A_{RL} - E_{DIR}}{20} + 10^{\frac{-(A_{RL} + E_{SM})}{20}} \right)^2} + 10^{\left(\frac{A_{RL} - E_{TERM} - \sqrt{f}}{20} \right)^2}} \right) \quad (47)$$

$$Error_{RL} = TR + 20 \lg \left(1 + 10^{\left(\frac{A_{RL} - E_{DIR}}{20} \right)} + 10^{\left(\frac{A_{RL} + E_{SM}}{20} \right)} + 10^{\left(\frac{A_{RL} - E_{TERM} - \sqrt{f}}{20} \right)} + 10^{\left(\frac{A_{RL} - E_{DIR} - E_{OSB} - E_{CMR}}{20} \right)} \right) \quad (48)$$

where

$Error_{RL}$ is the estimated accuracy of the return loss measurement function in dB;

A_{RL} is the return loss amplitude at which the error is computed;

TR is the tracking error in dB;

E_{DIR} is the directivity in dB;

E_{SM} is the source match in dB;

E_{TERM} is the return loss of the remote termination in dB in return loss mode;

f is the frequency in MHz;

E_{OSB} is the output signal balance of the tester in dB;

E_{CMR} is the common mode rejection of the tester in dB.

Assumptions:

- The tracking error (like dynamic accuracy) is added directly to the remaining error terms.
- The error from directivity and source match are added to provide a worst case result, since the phase of one component changes slowly while the other changes much faster. Therefore an “envelope” worst case condition is assumed. The impact from the source match error is practically minor.
- The error caused by the reflection at the remote termination is added in a power sum manner to the remainder of the error terms. It is attenuated by the assumed minimum round trip insertion loss of the link under test. Insertion loss is approximately $2,2 \sqrt{f}$ per 100 m (with f in MHz). For a 20 m long link (40 m round trip insertion loss), the remote reflection is attenuated by approximately $\sqrt{f}$.

6.11.10 Error model for the propagation delay measurement function

The error of the propagation delay contains a constant error term and an error which is proportional to propagation delay of the measured cabling. For a 100 m limited distance, this error is approximately proportional to length; see the following equation:

$$Error_{propagation_delay} = E_c + E_d \times propagation_delay \quad (49)$$

where

$Error_{propagation_delay}$ is the estimated error of the propagation delay function in seconds;
 E_c is the constant error term in seconds;
 E_d is the error term proportional to the propagation delay of the cabling.

6.11.11 Error model for the delay skew measurement function

The error of the delay skew measurement function is the differential to time of the error term E_d of the propagation delay measurement. For a 100 m distance, the maximum error is approximately constant, see the following:

$$Error_{delay_skew} = \frac{dE_d}{dt} \quad (50)$$

where

$Error_{delay_skew}$ is the estimated error of the delay skew measurement function in seconds;
 E_d is the error term of propagation delay proportional to the length of the cabling.

6.11.12 Error model for the length measurement function

The error model for length is identical to the error model for propagation delay since the length is a constant times the NVP.

6.11.13 Error model for the DC loop resistance measurement function

The error of the DC loop resistance contains a constant error term and an error which is proportional to DC loop resistance of the measured cabling. For a 100 m limited distance, this error is approximately proportional to length, see Equation (51).

$$Error_{DC_loop_resistance} = E_{c,DC_r} + E_{d,DC_r} \times DC_loop_resistance \quad (51)$$

where

$Error_{DC_loop_resistance}$ is the estimated error of the DC loop resistance function in Ω ;
 E_{c,DC_r} is the constant error term of the DC loop resistance in Ω ;
 E_{d,DC_r} is the error term proportional to the DC loop resistance of the cabling.

6.12 Network analyser measurement comparisons

6.12.1 General

Field test and network analyser results can be compared using ISO/IEC 11801-1 (or equivalent) compliant cabling whose transmission test performance falls within the dynamic range of the field test equipment. It is desirable that a number of links be used. The methods required to make the measurements are described in 6.12.2. These interfaces are based on the formal definitions of the reference planes for defined test configurations (channel, permanent link CP link and basic link). The laboratory equipment based measurement shall be performed as for the reference procedures described in 4.2.4.

Methods for comparing results are described in 6.12.2. The results shall agree within the sum of the measurement accuracy of the laboratory measurement and the estimated measurement accuracy computed from the applicable error model.

6.12.2 Comparison method

6.12.2.1 General

Most transmission parameters required to be tested are measured as a function of frequency. Some parameters, such as propagation delay, delay skew and DC resistance produce a single result. Comparison of single value test results is straightforward by observing the differences measured by laboratory equipment and reported by the field tester. The difference of the single value results shall agree within the sum of the measurement accuracies of the laboratory equipment and the field tester at the signal level the measurement took place.

For the parameters that involve the measurement of a frequency response, the procedure described in 6.12.2.2 shall be used.

6.12.2.2 Comparison method using the full frequency responses using equivalent noise floor method of evaluation

This method is useful for level III, level IIIe, level IV and V compliant field testers and in situations where the measurement accuracy significantly depends on the frequency. The scatter plot method is not appropriate in this case. The equivalent noise floor is established by

- computing the measurement accuracy at the pass/fail limit for the measurement function and class,
- determining the a noise floor above the pass/fail limit, which causes an error equal to the measurement error:

$$NF_{\text{nominal}} = -20 \lg \left(10^{\frac{-(Limit - Accuracy)}{20}} - 10^{\frac{-Limit}{20}} \right) \quad (52)$$

where

NF_{nominal} is the nominal equivalent noise floor in positive values of dB;

Limit is the pass/fail limit in positive values of dB of the measurement parameter for the applicable class and test configuration (permanent link, CP link or channel);

Accuracy is the computed measurement accuracy in positive values of dB of the measurement parameter at the pass/fail limit for the applicable class and test configuration.

- when evaluating the difference between the reference laboratory measurement and the field tester result, this difference can also be expressed as a measured noise floor:

$$NF_{\text{observed}} = -20 \lg \left(10^{\frac{-\text{measured}_{\text{NWA}}}{20}} - 10^{\frac{-\text{measured}_{\text{tester}}}{20}} \right) \quad (53)$$

where

- NF_{observed} is the observed equivalent noise floor in positive values of dB;
- $\text{measured}_{\text{NWA}}$ is the measured value (which shall not be smoothed by greater than 0,2 %) by the laboratory equipment in positive values of dB of the measurement parameter for the applicable class and test configuration (permanent link, CP link or channel);
- $\text{measured}_{\text{tester}}$ is the measured value by field tester in positive values of dB of the measurement parameter at the pass/fail limit for the applicable class and test configuration.

- when using this method of evaluation, at every frequency data point:

$$NF_{\text{observed}} \geq NF_{\text{nominal}} \quad (54)$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

Annex A (informative)

Uncertainty and variability of field test results

A.1 General

Careful consideration should be given to the measurement accuracy of the field tester. This does not only apply to the accuracy claims as specified by the level performances in this document, but also to the actual nominal accuracy performance that is specified by field tester manufacturers. It is generally difficult to verify actual accuracy performance to the ultimate accuracy specifications, but it is recommended that simple means are used to provide confidence that the field tester is operating properly, is within calibration accuracy and provides reliable test results.

Annex A clarifies requirements for reporting marginal results, nominal accuracy and explains sources of variability in test results that are not included in measurement accuracy, which do occur during link measurements. Also additional techniques to assess the accuracy of field test are described.

A.2 Marginal results reporting

According to the requirements of this document, individual test results that are closer to the pass/fail limit than the nominal accuracy specified by the field tester manufacturer shall be flagged by an asterisk. It is not required that the overall pass/fail result be identified with an asterisk when any of the individual results has an asterisk. Often it is up to quality requirements that are applicable for a particular cabling installation whether such results are acceptable or not. If they are not acceptable, selections on the operation of a field tester shall determine whether marginal pass/fail conditions did occur at the summary test result that is displayed to the operator and reported in the final results.

A.3 Nominal accuracy

The worst case conditions for measurement accuracy do not all occur at the same time and therefore nominal accuracy performance specifications are often used to determine results that are closer to the pass/fail limit than this worst case accuracy. One can expect this nominal accuracy to be at least $2 \times$ better than the worst case accuracy that is computed based on worst case assumptions for all the key field tester and link performance parameters that are defined for the applicable level. In many cases, field tester manufacturers may specify even tighter nominal accuracy performance than $2 \times$ better than the worst case accuracy.

Since the reporting of marginal pass/fail conditions by showing asterisks is generally considered undesirable, field tester manufacturers generally use the tighter nominal accuracy to establish conditions for marginal PASS/FAIL. It is appropriate for the user to understand the basis for such accuracy performance and its characteristics.

- The nominal accuracy shall be based on a large number of accuracy performance evaluations by the field tester manufacturer. These are generally not easily performed by an independent party. However, it is possible to assess field tester accuracy, as described in Clause A.6.
- The nominal accuracy is frequency dependent. As the frequency increases, the measurement accuracy generally declines for all parameters, with the possible exception of return loss.
- The measurement accuracy significantly depends on the test configuration, link or channel. The accuracy is generally worse for the channel test configuration, since all

measurements have to occur through a mated plug (of the user patch cord) and jack (of the channel adapter of the field tester), while the impact of the mated connection should be suppressed in the end result.

Field tester manufacturers should specify in detail what the nominal accuracies are for every measurement parameter and test configuration that are used for the purpose of establishing pass/fail conditions in results reported by the field tester. The user should obtain this information and include this information in the quality requirements.

A.4 Variability in link measurements not included in the measurement accuracy

The formal definition of a link includes the mated connections at the local and remote ends, see Figure A.1.

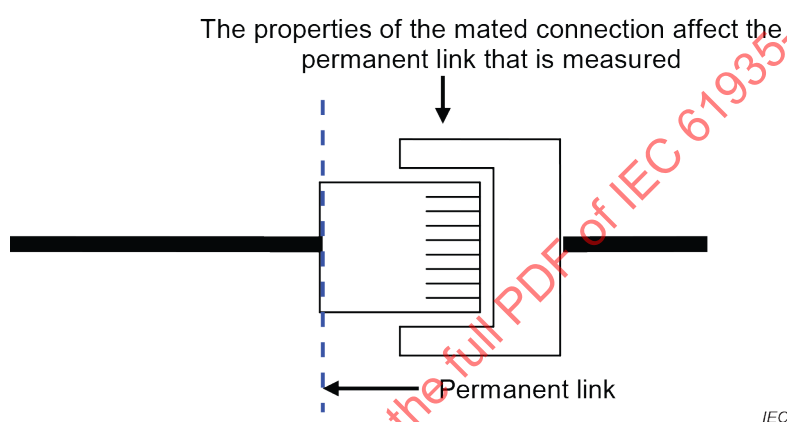


Figure A.1 – Source of variability during link testing

The plugs of the link adapter at the local and remote ends of the field tester mate with the local and remote telecommunication outlets. According to the formal definition of a link, it includes the properties of the mated connection. It is well known for modular 8-pin RJ-45 style connecting hardware that the mated NEXT depends strongly on the properties of the plug. Requirements of this document include that the plugs of link adapters of field testers shall be within the range of test plugs that are defined for the purpose of qualifying modular 8-pin connecting hardware. Even with plug properties contained within the specified range, one may expect, in particular for the 3,6 to 4,5 pair combination, 4 dB variations of the link test NEXT result are possible.

This variability can only be reduced by tighter test plug NEXT properties. Field tester manufacturers should provide information on the values and tolerances of the plug NEXT properties for at least the 3,6 to 4,5, 1,2 to 3,6, and 3,6 to 7,8 pair combinations.

A.5 Variability in channel measurements

The channel test result excludes the mated connection at the channel adapter of the field tester. Often the measurement accuracy of the channel configuration is reduced relative to the measurement accuracy for the link. The mated connection at the other end of the user patch cord is included in the channel test result. The measurement accuracy of the field tester includes the impact of the mated connection of user patch cord and the channel adapter. Since mated NEXT of a connection can be strongly impacted by the plug properties, the user patch cord should not be exchanged or reversed to avoid changing the mated NEXT at the connection at the first telecommunication outlet of the channel. In case a patch cord is changed or reversed, the channel performance should be retested.

A.6 Field tester accuracy checks

A.6.1 General

Field tester accuracy checks may be conducted in several ways:

- manipulating cords of link adaptor;
- exchanging adapters to main and remote field tester units;
- exchanging the location of main and remote field tester units;
- use of previously characterized links;
- use of separately characterized links using laboratory equipment.

A.6.2 Manipulating cords of link adapter

Variability from the cordage of a link adapter mainly affects return loss. This variability is included in the accuracy requirements for field testers. The variability can be tested by manipulating the cord of the link adapter and leaving all other connections stable and observing the return loss result. The variability is unacceptable when it is a substantial portion of the nominal return loss accuracy of the field tester and should result in replacing the link adapter. It is also desirable to test the return loss calibration of the link adapter. Contact the field tester manufacturer for more information.

A.6.3 Exchanging adapters to main and remote field tester units

A measurement of a test link is conducted. Then the main adapter is connected to the remote unit at the remote end of the link, and the remote adapter is connected to the main unit at the local end. Then the measurement is repeated and the results compared to the results of the first test. The consistency of main and remote adapters is established. The difference should be well within the nominal accuracy specified by the field tester manufacturer.

A.6.4 Location of main and remote field tester units

A measurement of a test link is conducted. Then the main unit along with its adapter is connected to the remote end of the link and the local unit along with its adapter is connected to the local end of the link. What were previously the local NEXT and return loss results become the remote NEXT and return loss results during the second measurement and vice-versa. The measurement systems of main and remote units have the same measurement capability and any defects are likely only to show up in one, and not both units. The difference should be well within the nominal accuracy specified by the field tester manufacturer.

A.6.5 Use of previously characterized links

It is highly recommended to measure a sample link after a field tester has been newly acquired or after calibration. A channel configuration should maintain its patch cords in place and measured each time in the same orientation. The difference of each consecutive measurement should be well within the nominal accuracy specified by the field tester manufacturer.

A.6.6 Use separately characterized links using laboratory equipment

The link configuration is best suited to be characterized using laboratory equipment. Reason is that the properties of the reference test plug can be well controlled during reference laboratory measurements. This method has also the advantage that it provides an independent reference to national standards. When comparing the reference link measurement with the field tester link measurement, the difference should not exceed the nominal measurement accuracy specified by the field tester manufacturer. If the difference exceeds the nominal accuracy, this can indicate either reduced measurement accuracy of the field tester measurement circuitry and/or a significant deviation from nominal of link adapter

plug properties. In this connection it should for instance be noted that allowed variability of a Category 6 plug may result in 4 dB NEXT accuracy variation of field testing (see Clause A.4).

Obtaining reference data for channel configurations is more difficult since the laboratory test involves a destructive (user patch cord) test and involves the use of special adapters from the field tester manufacturer. Since the user patch cord is part of the channel test configuration, it should remain in position with the remainder of the test channel. This may not occur in practice. The use of the channel configuration is not recommended for this reason.

A.6.7 Guidelines for correct installation testing

The following guidelines should be used to establish the correct performance of an installation.

- a) Define how to handle asterisk results before testing is started. This should be done in the contract phase since acceptance or non-acceptance of asterisk results may otherwise become a significant cost issue.
- b) Verify the performance of the field tester using one of the methods discussed in Clause A.6. The method should be defined during the contract phase.
- c) Recognize that variability of test results does exist. In any case, the difference between two results that should be identical cannot exceed the sum total of nominal measurement accuracies of the field tester or field testers that are actually used during the test. If the difference exceeds the sum total of nominal measurement accuracies, the field testers that are involved in this measurement should be checked against independent references as described in A.6.5. Use of different field testers, whose accuracy is unknown, and/or different test adapters is not appropriate to resolve test result issues.

Annex B

(informative)

Reference laboratory test configuration for alien crosstalk testing

B.1 General

If used, laboratory testing shall be conducted as described in Annex B to assure consistency of test results. Laboratory testing of alien crosstalk is a way to investigate the performance of links and channels in one controlled worst case configuration. Laboratory testing is not intended to replace field testing. The measurement is carried out on representative samples of links or channels, assembled according to the manufacturer's instruction as applied in the installation type to be covered by the laboratory testing.

This procedure is intended for use in the laboratory, to verify that a link or channel complies with the PS ANEXT and PS AACR-F requirements, when properly installed. It is also used to test installation practices, to assure that they do not degrade PS ANEXT and PS AACR-F performance. A different procedure and ways to assess alien crosstalk performance is specified for field testing of alien crosstalk of cabling installations is specified in 5.4.

Alien crosstalk is not only influenced by the components of the link and channel, but may also be significantly affected by the way the cables are arranged relative to each other and the mounting system of the connecting hardware. Consequently, the testing result is specific for the applied panels and outlets of the link or channel being tested.

B.2 Test parameters

Tested parameters are PS ANEXT and PS AACR-F. Testing procedures and calculation of results from measured data are specified in 4.12 and 4.13. Annex B only defines a reference laboratory test configuration and the minimum number of disturbing links or channels that need to be included in this test.

B.3 Link and channel construction

The link and channel shall be constructed to satisfy the following conditions.

- a) There shall be one disturbed link or channel of the desired configuration.
- b) There shall be at least 6 disturbing links or channels. More than 6 disturbing links or channels will be required if the connecting hardware in the applied mounting system has significant alien crosstalk contribution from more than 6 disturbing positions, see Clause B.4.
- c) Both a long and short link or channel shall be included in the testing. Both long and short links or channels shall be similarly configured.
 - The long link or channel shall have the maximum length and shall be configured for the intended field application, except that the length of consolidation point cable, if applied, shall always be 5,0 m.
 - The short link or channel shall be configured in the same way as the long link or channel, except that the length of horizontal cable shall be reduced.
 - If a consolidation point is applied, the length of horizontal cable between patch panel (nearest patch panel in case of a cross connect) and consolidation point shall be 15,0 m and the length of cable between consolidation point and telecommunication outlet shall be 5,0 m.

- If no consolidation point is applied, the length of horizontal cable between patch panel (nearest patch panel in case of a cross connect) and telecommunication outlet shall be 10,0 m.
 - No other change in configuration of the tested short link or channel shall apply, i.e. compared with the long link or channel, it will contain the same number and types of applied connecting hardware, and the same lengths of equipment cables (for channels) and cross connect cable (if applicable).
- d) All disturbing cable lengths shall be arranged 6 around the disturbed cable for the first 6 disturbing links or channels. This means that also cables of patch cords are arranged as “6-around-1”. Any additionally required disturbing links or channels may have cable placed separately from the “6-around-1” cable bundles.
 - e) All disturbing cables shall be touching the disturbed cable throughout the bundled length. The touching condition is secured by using helical wrapping of all “6-around-1” cable bundles using a maximum of 8 cm lay length.
 - f) Cables may be separated where connected to measuring equipment and connecting hardware of the link or channel. Maximum 1,0 m shall be unbundled where connected to measuring equipment and a maximum of 0,3 m shall be unbundled at the connection to each connecting hardware sample.
 - g) In the reference test configuration, the cable bundles are placed on a non-conductive surface.
 - h) For the purpose of practical testing, the cable bundles may be bent or otherwise arranged to fit into a laboratory environment. It shall then be demonstrated that the arrangement of the cable bundles gives the same result as when measured with cable bundles stretched on non-conductive surface for the total length. When a cable bundle is bent, it shall be verified that the cables do not separate in the bent area.
 - i) The worst case alien crosstalk position of all connecting hardware, i.e. usually a central position of a panel or outlet in the tested mounting system, shall be used as the disturbed port. Disturbing ports are all neighbour ports over, under and at each side of the disturbed port that have a significant contribution to the alien near or far end crosstalk, see Clause B.4. This means for instance, that also port positions in panels mounted over and under the panel containing the disturbed connecting hardware position will need to be considered.
 - j) Each type of connecting hardware of a tested link or channel shall be evaluated for positions giving significant contribution to alien crosstalk. The connecting hardware type having the worst performance will determine the number of disturbing links or channels. The minimum number will always be 6, see item b).
 - k) For screened modular connectors, a general worst case mounting method is to arrange the modular connectors in direct metallic contact, i.e. the minimum 6 disturbing cables around the disturbed cable. The 6 connectors shall then include one on each side, one on top and one under the disturbed modular connector. The last two minimum required 6 connectors shall be mounted in any two of the four corners. If more connectors are having significant contribution of alien crosstalk, they shall be mounted as specified in Clause B.4. This way of worst case mounting of screened modular connectors will cover all possible types of panel and outlet mountings. The same situation does not apply for unscreened connecting hardware as mounting method, for instance panel material and shape, may significantly affect the alien crosstalk properties.
 - l) Port positions having significant contribution to alien crosstalk may include a large number of ports. The number of disturbing ports shall be determined as specified in Clause B.4.
 - m) Disturbing links or channels shall have the same length and configuration as the disturbed link or channel.

B.4 Determination of number of disturbing links or channels

The number of disturbing ports to be included in the alien crosstalk measurements is dependent on the connector mounting system. A minimum 6 disturbing links or channels will have to be applied due the requirement to always have 6 disturbing cables around the disturbed cable. More disturbing links or channels will be required in case those more than 6 ports of any applied connecting hardware type have significant alien crosstalk contribution.

For any given connector mounting system, the determination of which ports to include shall be made based on the ANEXT and AFEXT contribution to the disturbed port. All ANEXT or AFEXT data that exceed the significance condition as defined in E.2.6.3 shall be included in the power sum result.

Significantly contributing connector ports may be located in other panels in close proximity and these shall be assessed accordingly.

Alien crosstalk testing procedure for connecting hardware is specified in IEC 60512-25-9.

B.5 Computation of results

B.5.1 General

The computation of PS ANEXT and PS AACR-F for class FA and below shall be carried out as specified in 4.13.4.3 and 4.14.4.3, respectively.

The computation of PS ANEXT and PS AACR-F for class I and Class II shall be carried out as specified in B.5.2.2 and B.5.2.3, respectively.

B.5.2 Computation of Class I and Class II results

B.5.2.1 General

For each port, the power sum alien crosstalk shall be calculated using the 6 worst disturbing channels or links.

B.5.2.2 Class I and Class II PSANEXT calculation procedure

Using measured ANEXT data from disturbing channels to disturbed channel:

- a) calculate single disturbing channel PSANEXT from each disturbing channel to the disturbed channel at each frequency;
- b) at each frequency point, identify the 6 channels with highest PSANEXT to the disturbed channel;
- c) for each frequency point, power sum the PSANEXT from the worst 6 channels identified in step b) into the disturber and calculate the margin;
- d) identify the frequency point with the lowest PSANEXT margin. When the lowest margin occurs at more than one frequency, select the highest frequency point;
- e) utilize the six channels corresponding to that frequency point and calculate 6-to-1 PSANEXT into the disturbed channel at all frequency points. Report these PSANEXT values as the PSANEXT performance of that disturbed port.

B.5.2.3 Class I and Class II PSAACRF calculation procedure

Using AFEXT data from disturbing channels to disturbed channel and measured IL:

- a) normalize the AFEXT for insertion loss;

- b) using the normalized AFEXT, calculate single disturbing channel PSAFEXT from each disturbing channel to the disturbed channel at each frequency.

If $IL_k > IL_{ij}$ then:

$$AFEXT_{norm_{k,i,j}} = AFEXT_{k,i,j} + (IL_k - IL_{ij}) - 10 \log \left(\frac{IL_k}{IL_{i,j}} \right) \text{dB}$$

If $IL_k < IL_{ij}$ then:

$$AFEXT_{norm_{k,i,j}} = AFEXT_{k,i,j} \text{dB}$$

$AFEXT_{k,i,j}$ is the measured AFEXT loss, in dB, to pair k of the disturbed DUT from pair i in the disturbing DUT j ;

k is the number of the disturbed pair in a disturbed DUT;

i is the number of the disturbing pair in the disturbing DUT;

j is the number of the disturbing DUT.

- c) convert this to PSAACRF from the single disturbing channel, by subtracting the IL.
- d) at each frequency point, identify the 6 channels with the worst PSAACRF to the disturbed channel;
- e) identify the frequency point with the lowest PSAACRF margin. When the lowest margin occurs at more than one frequency, select the highest frequency point;
- f) utilize the 6 channels with the worst PSAACRF that were identified in step d) at that frequency point to calculate 6-to-1 PSAACRF into the disturbed channel at all frequency points. Use the channel PSAACRF values from step c) which were calculated using the normalized AFEXT values from step a). Report these PSAACRF values as the PSAACRF performance of that disturbed port.

B.6 Test report

The measured results shall be reported as specified in 4.13.4.4 and 4.14.4.4, respectively.

Annex C (informative)

General information on power sum alien crosstalk performance of installations

Annex C contains considerations to identify worst case alien crosstalk conditions in a cabling system.

- a) The toughest alien crosstalk requirements are applicable to links with the highest insertion loss when application standards adjust power sum alien crosstalk requirements based on insertion loss. In these cases, if maximum length links pass the alien crosstalk requirements, one may estimate that links shorter in length will pass with higher margins. In all other cases, samples of short length links and medium length links should be tested. Refer to E.2.7.
- b) Disturbing links within the same cable bundle as the disturbed link will be dominating compared with disturbing links in adjacent bundles. Most often, alien crosstalk contributions from disturbing links in adjacent cable bundles are insignificant.
- c) Consistency is expected of alien crosstalk results from different disturbed links in the same cable bundle. If differences are well below the alien crosstalk margin that has been obtained from selected disturbed links, other links may be expected to pass alien crosstalk requirements.
- d) A certain amount of knowledge is to be applied to the cabling topology. Only cables that are in the same cabling bundle are expected to contribute a significant amount of power sum alien crosstalk, see item b).
- e) Most of the alien NEXT loss occurs within the first 20 m of the near end of the cabling. PS ANEXT loss further away from the near end of measurement has virtually no impact on overall PS ANEXT loss.
- f) AFEXT contributions can occur along the full length of the cabling bundle.
- g) PS ANEXT loss contributions that are from cables that contain some distance between the location where they start running in parallel can be ignored. This is the result of the round-trip insertion loss between the location from where the measurement is conducted and the location where PS ANEXT loss is present.
- h) Screened cabling with separately screened links or channels, will normally have alien crosstalk below the noise level, and consequently only a few representative links or channels need to be measured to demonstrate the alien crosstalk level. Separately screened means that no patch panel or outlet contains more than one port within an overall screen.
- i) The dominating contribution to the alien crosstalk of the installation originates in most cases from the cables, especially when bundled. However, each type of applied connecting hardware needs to be evaluated for its alien crosstalk performance. This is done by measuring a number of neighbour positions of the connecting hardware in question and concludes if the alien crosstalk is in average reduced with increasing distance. Variation may occur within specific positions due to influence from a cable bundle, but if the average value of alien crosstalk falls with distance to the disturbing port, it may be concluded that the connecting hardware in question has significant alien crosstalk contribution.
- j) Start testing using disturbing links next to the disturbed link. Add disturbing links to the result as long as it appears that the PS ANEXT loss result is affected. Significant amounts of alien crosstalk contributions are most often confined to links within the same cable bundle.
- k) Start testing alien FEXT loss using disturbing links next to the disturbed link. Add disturbing channels to the result, as long as it appears that the PS AFEXT loss result appears to be no longer affected. Significant amounts of alien crosstalk contributions are most often confined to links within the same cable bundle.

Annex D (informative)

Baluns

D.1 General

The configurations in Figure D.1 show the qualifying test baluns that match the requirements of Table D.1.

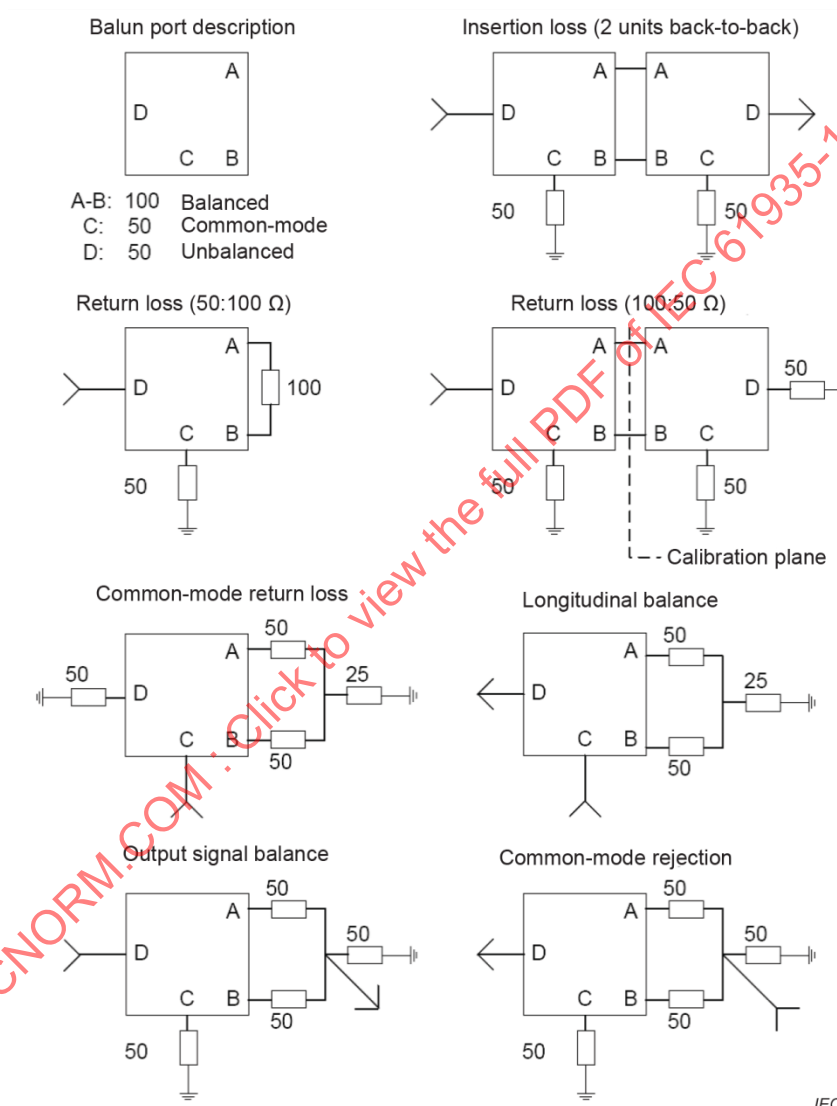
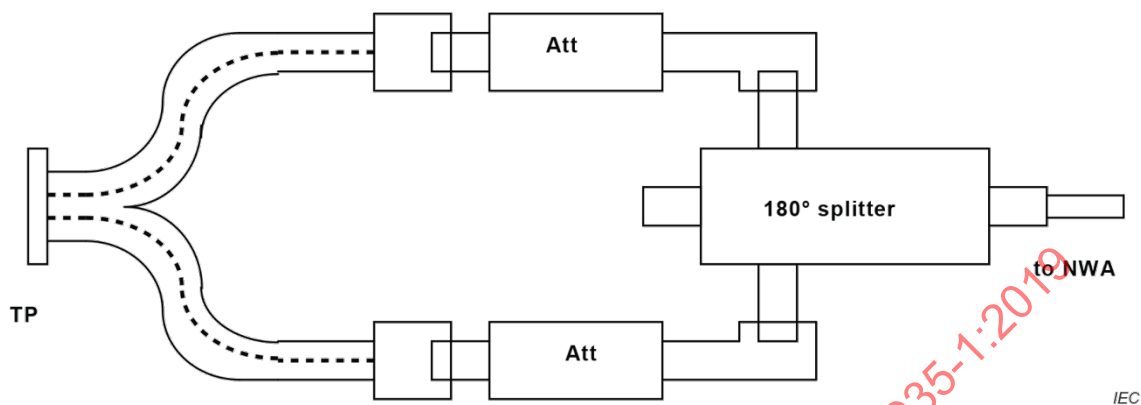


Figure D.1 – Configurations for qualifying test baluns

D.2 Legacy test baluns

Depending on the test set-up, legacy baluns are an optional element that may be required for measurements where legacy compatibility is required. In case legacy baluns are used, the following applies:

Two classes (Class A and Class B) of legacy baluns with different performance levels are defined. This is in order to facilitate measurements up to 2 GHz with commercially available baluns. The legacy baluns may be balun transformers or 180° hybrids with attenuators to improve matching if needed (see Figure D.2).



Key

Att	attenuator
180° splitter	180 degrees phase splitter
to NWA	connection to network analyser
TP	connections at test port

Figure D.2 – 180° hybrid used as a balun

A legacy balun is designated class A in the frequency range for which the class A requirements are met. A legacy balun is designated class B in the frequency range for which the class B requirements are met. A balun may be class A in one frequency range and class B in another extended frequency range.

Class A legacy baluns are preferred for verification of performance characteristics of all classes of cabling.

Class B legacy baluns may be used to verify performance of all classes of cabling, provided that the lower performance of the balun is taken into account in the measurement error calculation.

Legacy baluns shall be RFI shielded and shall comply with the requirements given in Table D.1.

Table D.1 – Legacy test balun performance characteristics

Parameter	Class A value	Class B value
Impedance, primary ^a	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced
Impedance, secondary	Matched balanced	Matched balanced
Insertion loss	3 dB maximum	10 dB maximum
Return loss secondary	12 dB minimum, 1 MHz to 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz to 550 MHz 17,5 dB minimum, 550 MHz to 600 MHz 10 dB minimum, 600 MHz to 1 000 MHz	6 dB minimum
Return loss, Common mode ^b	15 dB minimum, 1 MHz to 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz to 400 MHz 15 dB minimum, 400 MHz to 600 MHz 10 dB minimum, 600 MHz to 1 000 MHz	10 dB minimum
Power rating	0,1 Watt minimum	0,1 Watt minimum
Longitudinal balance ^c	60 dB minimum, 15 MHz to 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz to 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz to 1 000 MHz	35 dB minimum
Output signal balance ^c	60 dB minimum, 15 MHz to 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz to 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz to 1 000 MHz	35 dB minimum
Common mode rejection ^c	60 dB minimum, 15 MHz to 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz to 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz to 1 000 MHz	35 dB minimum
Special guidelines for use of baluns: – For best accuracy, the baluns should be supplied with connectors (for example with IEC 60169-22 connectors). – Class A baluns are preferred for accuracy. – Class B baluns can be used in the whole frequency range for which their specifications apply, provided their output signal balance is better than 50 dB below 100 MHz. – For class B baluns there is a trade-off between insertion loss and return loss. Return loss can be improved by using an attenuator, which then increases insertion loss. If return loss is less than 10 dB, insertion loss shall be less than 5 dB. If Insertion loss is higher than 5 dB, return loss shall be higher than 10 dB. 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.		
^a Primary impedance may differ, if necessary to accommodate analyser outputs other than 50 Ω. ^b 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. ^c Measured per ITU-T Recommendations G.117 and O.9.		

Annex E (normative)

Requirements for field testing of alien crosstalk

E.1 General

This annex provides requirements for field testing of alien crosstalk.

E.2 Power sum alien crosstalk

E.2.1 Objective

Clause E.1 describes the field measurement procedures for

ANEXT;

AFEXT;

and calculations for

PS ANEXT;

PS AFEXT;

PS AACR-F.

Furthermore, a procedure for selection of ports to be measured is specified.

Note that the number of disturbing links to be included in a power sum alien crosstalk result is often considerably higher than found in reference laboratory test conditions. Therefore additional computation steps are used for field alien crosstalk data to prevent the accumulation of noise power.

Alien crosstalk measurements in the field can practically only be made on a sampling basis. It is therefore necessary to carry out an initial investigation and conclusion of worst case port positions in order that the limiting alien crosstalk performance of the installation can be identified. The port selection procedure and test requirements specified in Clause E.1 shall be followed when in-field alien crosstalk measurements are carried out. Interactive alien crosstalk measurements and mitigation operations are often the best way to secure compliance of the installation with the alien crosstalk requirements.

E.2.2 Test method

PS ANEXT, PS AFEXT and PS AACR-F are calculated from ANEXT, AFEXT and insertion loss measurements.

E.2.3 Test equipment and set-up

Depending on the test configuration, the test interface shall consist of a channel or link adapter, with the reference plane of measurement located at the location defined for the test configuration.

Before alien crosstalk measurements are performed, all links involved in the alien crosstalk testing shall be tested for their applicable internal transmission parameter performance.

In case of testing the channel configuration, all user cords shall be kept as much as possible in their normal use position during the tests.

E.2.4 Measuring ANEXT loss

Measuring ANEXT loss requires that test instrument A is connected to the disturbed channel and test instrument B is connected to a disturbing channel, see Figure E.1. Test instrument A operates as a receiver and test instrument B operates as a signal source.

Test instrument A and test instrument B communicate as shown with the dotted line labelled “synchronisation”. A physical field tester control link is an option of this document. Other implementations of this measurement are acceptable if equivalence is demonstrated. In case a link topology is tested, the channel adapters are replaced with link adapters.

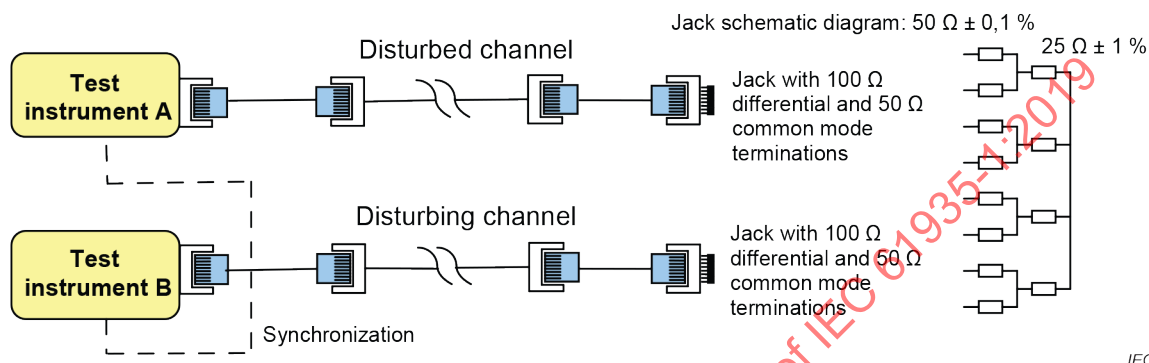


Figure E.1 – Schematic diagram to measure channel ANEXT loss

The remote ends of the disturbed channel and a disturbing channel are terminated with jacks that include a $100\ \Omega$ differential and $50\ \Omega$ common mode termination as shown in Figure E.1. User patch cords shall remain as much as possible in their normal use position during the test. The remote end may be terminated using a terminated plug rather than a user patch cord and a terminating jack if the ANEXT contribution from the remote end user patch cord is expected to be reduced to insignificant levels as a result of the round trip insertion loss of the cabling to the remote end.

E.2.5 Measuring AFEXT loss

Measuring AFEXT loss requires that test instrument A is connected to the disturbed channel and test instrument B is connected to a disturbing channel. See Figure E.2. Test instrument A operates as a receiver and test instrument B operates as a signal source.

Test instrument A and test instrument B communicate as shown with the dotted line labelled “synchronization”. A physical field tester control link is an option of this document. If a physical control link is present, it is often possible to use an unused channel in the same cable bundle to connect the control port on test instrument A at the near end with the control port of test instrument B at the remote end. Other implementations of this measurement are acceptable if equivalence is demonstrated. In case a link topology is tested, the channel adapters are replaced with link adapters. In case laboratory equipment is used, the source and load ports are in the same location, and no synchronization link is present. However, in this case, the measurement can only be made on cabling that originate and terminate in close proximity.

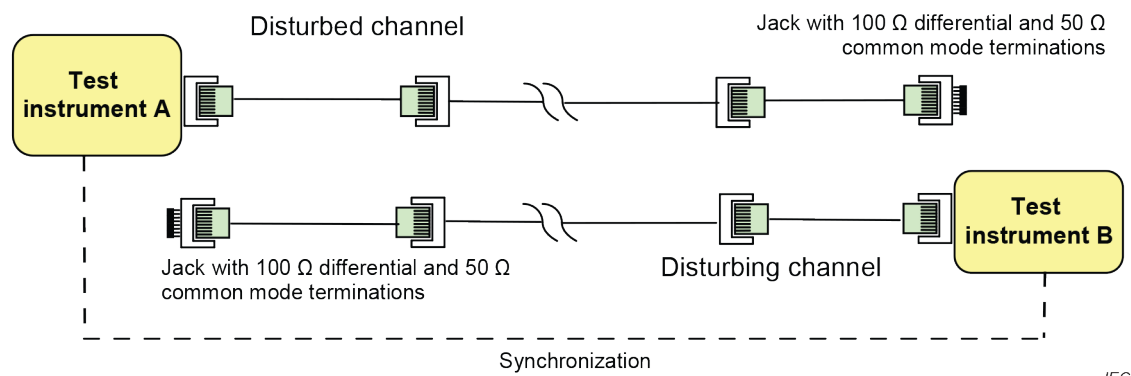


Figure E.2 – AFEXT loss measurement test configuration

User patch cords shall remain as much as possible in their normal use position during the test. The remote ends of the disturbed channel and the local end of a disturbing channel may be terminated with plugs that include a 100 Ω differential and 50 Ω common mode termination as shown in Figure E.2 if the AFEXT contribution from the user patch cords is demonstrated to be insignificant relative to other AFEXT contributions within the channel.

E.2.6 Procedure

E.2.6.1 Calibration

The test equipment shall be calibrated at the reference plane of measurement for the channel or link.

E.2.6.2 Calculation of PS ANEXT and PS AACR-F from measured data

For Class I and Class III, the processing of ANEXT and AFEXT shall be according to B.5.1, for all other classes, the processing of the measured ANEXT or AFEXT data follows the following steps.

E.2.6.3 Significance condition testing

The discrimination between a “real ANEXT or AFEXT” signal and a random signal shall be based on the average of measured values expressed in dB between 100 MHz and 250 MHz. If the average value of the frequency response exceeds the significance condition, the entire ANEXT or AFEXT response is excluded from the power sum computation. If the measured condition is worse than the significance condition, the entire ANEXT or AFEXT response is included in the power sum computation. The significance condition shall be at least 90 dB.

E.2.6.4 Length normalization

To support the laboratory test methods as described in Annex B, the length of disturbed and disturbing channel may be identical. In that case, the length normalization will be zero.

When used, length normalization is based on the difference of the insertion losses of disturbing and disturbed pairs and is specified in ISO/IEC 11801-1. Refer to E.2.6.5 for a detailed description of computations.

NOTE Applications standards can specify power back-off algorithms that are based on the insertion losses at 250 MHz of disturbed and disturbing pairs. Tests can affect both PS ANEXT and PS AACR-F results. Refer to these application standards for specific requirements.

E.2.6.5 Computing the PS ANEXT or PS AFEXT results between a disturbed and disturbing links

Each disturbed to disturbing channel or link measurement, PS ANEXT or PS AFEXT contains 16 ANEXT loss or AFEXT loss measurements, for each pair in the disturbed channel or link by the pairs in disturbing link #1. The PS ANEXT loss is calculated by Equation (E.1).

$$PS\ ANEXT_{X,1} = -10 \log \left(10^{-0,1ANEXT_{X,1,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,2,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,3,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,4,1}} \right) \quad (E.1)$$

where

X is a pair in the disturbed channel or link;
 $PS\ ANEXT_{X,1}$ is the PS ANEXT loss to pair X of the disturbed link from the first disturbing channel or link;
 $ANEXT_{X,Y,1}$ is the ANEXT loss from pair X in the disturbed channel or link to the pair Y of the disturbing channel or link #1.

When the alien NEXT loss of another disturbing link #2 is added, the sum total PS ANEXT is computed by

$$PS\ ANEXT_{X,total} = -10 \log \left(10^{-0,1PS\ ANEXT_{X,1}} + 10^{-0,1PS\ ANEXT_{X,2}} \right) \quad (E.2)$$

For PS AFEXT loss, AFEXT measurements with a normalization applied are used before computing the power sum.

In case the insertion loss of pair X of the disturbed link is greater than the insertion loss of pair Y of disturbing link #1

$$NORM_{X,Y,1} = IL_X - IL_{Y,1} - 10 \log \left(\frac{IL_X}{IL_{Y,1}} \right) \quad (E.3)$$

Otherwise

$$NORM_{X,Y,1} = 0 \quad (E.4)$$

where

IL_X is the insertion loss in dB of disturbed pair X ;

$IL_{Y,1}$ is the insertion loss in dB of pair Y of disturber link #1.

NOTE 1 To determine the use of Equation (E.6) or (E.7), the average of all pairs of the disturbed link at 250 MHz and the average of all pairs of the disturbing link at 250 MHz can be used.

NOTE 2 For the determination of the normalization, the average of all pairs of the disturbed link can be used for IL_X and the average of all pairs of the disturbing link can be used for $IL_{Y,1}$. The difference of IL_X and $IL_{Y,1}$ is frequency dependent.

NOTE 3 For the ratio only portion of Equation (E.6), for IL_X and $IL_{Y,1}$, the values at 250 MHz can be used, since this ratio does not vary significantly as a function of frequency.

NOTE 4 The overall normalization, if used, is frequency dependent and different for each disturbed and disturbing link combination.

NOTE 5 For screened cabling meeting coupling attenuation requirements in ISO/IEC 11801-1, the result of Equation (E.7) is used in all cases.

The normalized AFEXT value is given by

$$AFEXT_{\text{norm},X,Y,1} = AFEXT_{X,Y,1} + NORM_{X,Y,1} \quad (\text{E.5})$$

The PS AFEXT loss in dB is calculated by Equation (E.6):

$$PS\ AFEXT_{X,1} = -10 \log \left(10^{-0,1AFEXT_{\text{norm},X,1,1}} + 10^{-0,1AFEXT_{\text{norm},X,2,1}} + 10^{-0,1AFEXT_{\text{norm},X,3,1}} + 10^{-0,1AFEXT_{\text{norm},X,4,1}} \right) \quad (\text{E.6})$$

where

X is a pair in the disturbed channel or link;

$PSAFEXT_{X,1}$ is the PS AFEXT loss in dB to pair X of the disturbed link from the first disturbing channel or link;

$AFEXT_{\text{norm},X,Y,1}$ is the AFEXT loss in dB from pair X in the disturbed channel or link to the pair Y of the disturbing channel or link #1, normalized based on the insertion loss of disturbed and disturbing pairs.

When the PS AFEXT loss of another disturbing link #2 is added, the sum total PS AFEXT in dB is computed by Equation (E.7):

$$PS\ AFEXT_{X,\text{total}} = -10 \log \left(10^{-0,1PS\ AFEXT_{X,1}} + 10^{0,1PS\ AFEXT_{X,2}} \right) \quad (\text{E.7})$$

To obtain the PS AACR-F result in dB, the insertion loss of the pair of the disturbed channel or link is subtracted from the PS AFEXT loss result as shown in Equation (E.8):

$$PS\ AACR - F_{X,total} = PS\ AFEXT_{X,total} - IL_X \quad (E.8)$$

E.2.6.6 Applying the correction for the measurement floor

The frequency response for a large number of PS alien crosstalk floor measurements (N_{ps}) may be used to correct the measured PS ANEXT and PS AFEXT results. Refer to 6.9 for information on how to measure the alien crosstalk floor. If the number of alien crosstalk measurements in a power sum alien crosstalk result is N_{pp} and the number of alien crosstalk measurements in the PS alien crosstalk floor measurements is $4 \times N_{ps}$, then the estimated measurement floor contribution to the overall PS alien crosstalk is $10 \times \log(4 \times N_{ps}/N_{pp})$. The measurement floor contribution to the overall PS alien crosstalk result is given in Equation (E.9):

$$PS\ AXtalk_{floor, N_{pp}}(f) = PS\ AXtalk_{floor, 4N_{ps}}(f) + 10 \log \left(\frac{4N_{ps}}{N_{pp}} \right) \quad (E.9)$$

The corrected PS alien crosstalk is computed as in Equation (E.10):

$$PS\ AXtalk_{final}(f) = -10 \log \left(10^{-0,1 PS\ AXtalk} - 10^{-0,1 PS\ AXtalk_{floor, N_{pp}}(f)} \right) \quad (E.10)$$

The corrected PS AXtalk results shall be used to test against pass/fail limits.

E.2.7 Selection of test ports

E.2.7.1 Selection of disturbed links

The following port selection procedure shall be applied as a minimum.

The number of disturbed links to be tested for ISO/IEC 11801-1 compliance shall be specified in a quality plan as defined in ISO 14763-2.

The disturbed links shall be approximately divided equally between

- links within the group having the highest insertion loss in the installation;
- links within the group having the lowest insertion loss in the installation;
- links within the group having the median insertion loss in the installation.

E.2.7.2 Selection of disturbing links

E.2.7.2.1 General

Disturbing links shall include both of the following:

- all of the links that are in the same cable bundle or the most consistently positioned relative to the disturbed link as disturbing links;
- the disturbing links that occupy adjacent positions to the left, right, above and below connections on the disturbed link on patch panels or multiple outlets.

E.2.7.2.2 Procedure

A flow chart of the alien crosstalk test procedure is shown in Figure E.3.

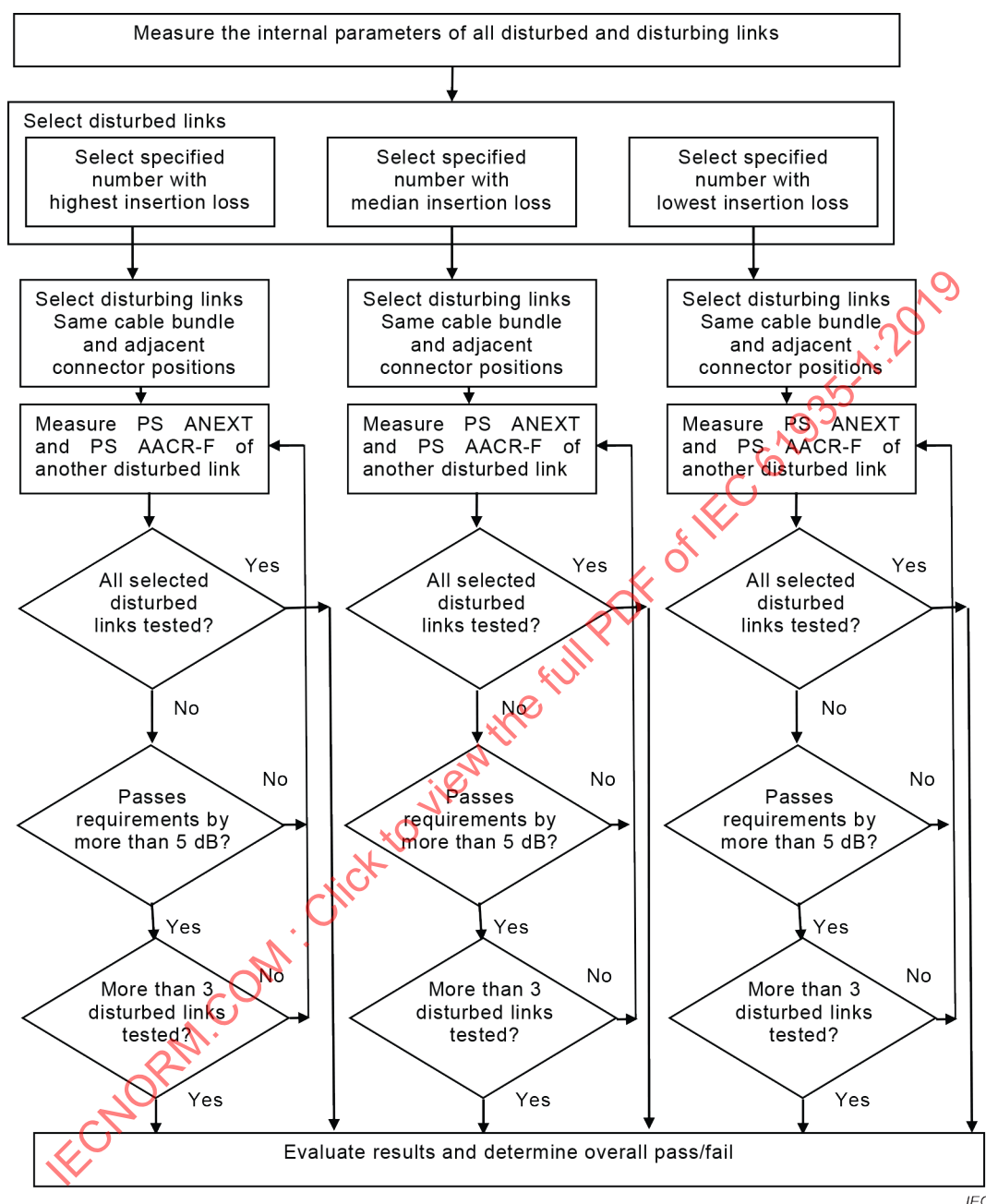


Figure E.3 – Flow chart of the alien crosstalk test procedure

Measure the ANEXT and AFEXT as described in 5.4.2 through 5.4.6 and process the data as described in 5.4.7 for the links with the highest insertion loss. When the margin of PS ANEXT and PS AACR-F has reached 5 dB for the links with the highest insertion loss, further alien crosstalk testing of links with the highest insertion loss can be discontinued when the number of measured disturbed links is at least 3.

Measure the ANEXT and AFEXT as described in 5.4.2 through 5.4.6 and process the data as described in 5.4.7 for the links with the lowest insertion loss. When the margin of PS ANEXT and PS AACR-F has reached 5 dB for the links with the lowest insertion loss, further alien crosstalk testing of links with the lowest insertion loss can be discontinued when the number of measured disturbed links is at least 3.

Measure the ANEXT and AFEXT as described in 5.4.2 through 5.4.6 and process the data as described in 5.4.7 for the links with median insertion loss. When the margin of PS ANEXT and PS AACR-F has reached 5 dB for the links with median insertion loss, further alien crosstalk testing of links with median insertion loss can be discontinued when the number of measured disturbed links is at least 3.

In case different cable types and/or connecting hardware are present in the installation, this selection process and measurement procedure that involve both cable and connecting hardware types should be repeated.

Any alien crosstalk testing in addition to the minimum specified above will contribute to increased confidence of the worst case alien crosstalk result. The worst case alien crosstalk value of all selected disturbed links measured is reported as the alien crosstalk of the installation.

E.2.8 Test report

The measured results shall be reported in tabular or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pairs of all disturbed channels measured shall be reported.

E.2.9 Uncertainty of PS alien crosstalk measurements

The error equation that is applicable to PS NEXT is also applicable to PS ANEXT and PS AFEXT, except that the random noise floor degrades 3 dB for every doubling of the number of ANEXT results that is contained in a PS ANEXT result.

IECNORM.COM : Click to view the full text of IEC 61935-1:2019

Bibliography

IEC 61935-3, *Testing of balanced and coaxial information technology cabling – Part 3: Installed cabling as specified in ISO/IEC 15018 and related standards*

ISO/IEC 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	132
INTRODUCTION	134
1 Domaine d'application	135
2 Références normatives	136
3 Termes, définitions et abréviations	138
3.1 Termes et définitions	138
3.2 Acronymes	141
4 Procédures de mesure de référence concernant les propriétés électriques	142
4.1 Généralités	142
4.2 Considérations communes relatives aux mesures	142
4.2.1 Considérations relatives au contrôleur	142
4.2.2 Exigences d'essai des analyseurs de réseaux	142
4.2.3 Montage d'essai	143
4.2.4 Terminaison des paires de conducteurs	143
4.2.5 Charges de référence pour étalonnage	144
4.2.6 Configurations d'essai	144
4.2.7 Câbles coaxiaux et conducteurs d'essai pour analyseurs de réseaux	145
4.2.8 Conducteurs d'essai symétriques	145
4.2.9 Exigences relatives aux symétriseurs	146
4.2.10 Procédures sans symétriseur	148
4.2.11 Précautions concernant les mesurages par l'analyseur de réseaux	148
4.2.12 Compte rendu et exactitude des données	149
4.2.13 Taille des échelons de fréquence	149
4.3 Résistance de boucle en courant continu	150
4.3.1 Objectif	150
4.3.2 Méthode d'essai	150
4.3.3 Équipement et montage d'essai	150
4.3.4 Procédure	150
4.3.5 Rapport d'essai	151
4.3.6 Incertitude	151
4.3.7 Recalcul de la résistance de boucle en courant continu	151
4.4 Asymétrie de résistance en courant continu	151
4.4.1 Objectif	151
4.4.2 Méthode d'essai	151
4.4.3 Équipement et montage d'essai	151
4.4.4 Procédure	152
4.4.5 Rapport d'essai	152
4.4.6 Incertitude	152
4.5 Asymétrie de résistance en courant continu entre les paires	153
4.5.1 Objectif	153
4.5.2 Méthode d'essai	153
4.5.3 Équipement et montage d'essai	153
4.5.4 Procédure	153
4.5.5 Rapport d'essai	154
4.5.6 Incertitude	154
4.6 Perte d'insertion	154

4.6.1	Objectif.....	154
4.6.2	Méthode d'essai	154
4.6.3	Équipement et montage d'essai	154
4.6.4	Procédure.....	155
4.6.5	Correction de température	156
4.6.6	Incertitude	156
4.7	Temps de propagation et différence des temps de propagation.....	156
4.7.1	Objectif.....	156
4.7.2	Méthode d'essai	156
4.7.3	Équipement et montage d'essai	156
4.7.4	Procédure.....	157
4.7.5	Rapport d'essai	157
4.7.6	Incertitude	157
4.8	Paradiaphonie (NEXT) et puissance cumulée de paradiaphonie.....	157
4.8.1	Objectif.....	157
4.8.2	Méthode d'essai	158
4.8.3	Équipement et montage d'essai	158
4.8.4	Procédure.....	158
4.8.5	Rapport d'essai	159
4.8.6	Incertitude	159
4.9	Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité proche (ACR-N) et à la puissance cumulée d' ACR-N.....	160
4.9.1	Objectif.....	160
4.9.2	Méthode d'essai	160
4.9.3	Équipement et montage d'essai	160
4.9.4	Procédure et calcul.....	160
4.9.5	Rapport d'essai	160
4.9.6	Incertitude	161
4.10	Télédiaphonie (FEXT) et puissance cumulée de télédiaphonie.....	161
4.10.1	Objectif.....	161
4.10.2	Méthode d'essai	161
4.10.3	Équipement et montage d'essai	161
4.10.4	Procédure.....	162
4.10.5	Rapport d'essai	163
4.10.6	Incertitude des mesurages de télédiaphonie	163
4.11	Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité éloignée (ACR-F)	163
4.11.1	Objectif.....	163
4.11.2	Calcul	164
4.11.3	Rapport d'essai	164
4.11.4	Incertitude	164
4.12	Affaiblissement de réflexion	164
4.12.1	Objectif.....	164
4.12.2	Méthode d'essai	164
4.12.3	Équipement et montage d'essai	165
4.12.4	Procédure.....	165
4.12.5	Rapport d'essai	165
4.12.6	Incertitude	166
4.13	Puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT – Diaphonie exogène).....	166

4.13.1	Objectif.....	166
4.13.2	Méthode d'essai	166
4.13.3	Équipement et montage d'essai	166
4.13.4	Procédure.....	167
4.14	Rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène, télédiaphonie (PS AACR-F – Diaphonie exogène).....	169
4.14.1	Objectif.....	169
4.14.2	Méthode d'essai	169
4.14.3	Équipement et montage d'essai	170
4.14.4	Procédure.....	171
4.15	Affaiblissement asymétrique, à l'extrémité proche	174
4.15.1	Objectif.....	174
4.15.2	Méthode d'essai	174
4.15.3	Équipement et montage d'essai	174
4.15.4	Procédure.....	175
4.15.5	Rapport d'essai	177
4.15.6	Incertitude	177
4.16	Affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée	178
4.16.1	Objectif.....	178
4.16.2	Méthode d'essai	178
4.16.3	Équipement et montage d'essai	178
4.16.4	Procédure.....	179
4.16.5	Rapport d'essai	180
4.16.6	Incertitude	180
4.17	Affaiblissement de couplage	180
5	Exigences concernant les mesurages d'essai sur site pour les propriétés électriques.....	181
5.1	Remarque préliminaire.....	181
5.2	Configurations de câblage soumises à l'essai	181
5.3	Paramètres des essais sur site	181
5.3.1	Généralités.....	181
5.3.2	Paramètres facultatifs des essais sur site	182
5.3.3	Contrôle de la qualité d'exécution et essais de connectivité.....	182
5.3.4	Temps de propagation et différence des temps de propagation.....	185
5.3.5	Longueur	185
5.3.6	Perte d'insertion	186
5.3.7	NEXT, puissance cumulée de NEXT	187
5.3.8	ACR-N et puissance cumulée d'ACR-N.....	187
5.3.9	ACR-F, puissance cumulée d'ACR-F	187
5.3.10	Affaiblissement de réflexion.....	187
5.3.11	Résistance de boucle en courant continu.....	188
5.3.12	Asymétrie de résistance en courant continu entre les paires.....	188
5.3.13	Paramètres de diaphonie exogène.....	188
5.4	Compte rendu et exactitude des données	188
5.4.1	Généralités.....	188
5.4.2	Résultats détaillés	190
5.4.3	Rapports de synthèse.....	190
5.4.4	Exigences de consignation concernant la puissance cumulée de diaphonie exogène	194

5.4.5	Généralités	194
5.4.6	Vérifications de la cohérence pour les contrôleurs sur site.....	194
5.4.7	Évaluation des essais de cohérence	195
5.4.8	Applicabilité du système d'administration.....	195
5.4.9	Cordons d'adaptateur des équipements d'essai pour les essais de liens.....	195
5.4.10	Essais des cordons d'utilisateur et des canaux	195
6	Exigences concernant l'exactitude de mesure des contrôleurs sur site	195
6.1	Généralités	195
6.2	Spécifications de l'exactitude de mesure communes aux contrôleurs sur site de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE, de niveau IV, de niveau V et de niveau VI	201
6.3	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau IIE	202
6.4	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau III.....	204
6.5	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau IIIE	206
6.6	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau IV	207
6.7	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau V	209
6.8	Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau VI	211
6.9	Exigences relatives au contrôleur sur site applicables aux mesurages de diaphonie exogène.....	214
6.10	Procédures pour déterminer les paramètres des contrôleurs sur site	214
6.10.1	Généralités	214
6.10.2	Symétrie du signal de sortie (OSB).....	214
6.10.3	Réjection de mode commun (CMR – <i>Common mode rejection</i>)	215
6.10.4	Paradiaphonie résiduelle	216
6.10.5	Exactitude dynamique.....	217
6.10.6	Affaiblissement de réflexion source/charge	218
6.10.7	Seuil de bruit aléatoire.....	218
6.10.8	Télédiaphonie résiduelle	218
6.10.9	Directivité	219
6.10.10	Suivi	220
6.10.11	Adaptation de la source	220
6.10.12	Affaiblissement de réflexion de la terminaison distante	221
6.10.13	Terme de constante d'erreur de la fonction de mesure du temps de propagation	221
6.10.14	Terme de constante d'erreur proportionnelle au temps de propagation de la fonction de mesure du temps de propagation	221
6.10.15	Terme de constante d'erreur de la fonction de mesure de la différence des temps de propagation	222
6.10.16	Terme de constante d'erreur de la fonction de mesure de la longueur	222
6.10.17	Constante d'erreur proportionnelle à la longueur de la fonction de mesure (en partant de l'hypothèse que les câbles sont issus du même touret)	222
6.10.18	Terme de constante d'erreur de la fonction de mesure de la résistance en courant continu	222
6.10.19	Terme de constante d'erreur proportionnelle à la résistance en courant continu de la fonction de mesure de la résistance en courant continu	222

6.10.20	Seuil de mesure pour les essais de diaphonie exogène au cours des essais sur site	222
6.11	Modèles d'erreur de mesure.....	224
6.11.1	Généralités.....	224
6.11.2	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte d'insertion	224
6.11.3	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la paradiaphonie	225
6.11.4	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de puissance cumulée de paradiaphonie.....	226
6.11.5	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'ACR-N.....	226
6.11.6	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de puissance cumulée d'ACR-N	227
6.11.7	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure d'ELFEXT ou d'ACR-F.....	227
6.11.8	Modèle d'erreur pour les fonctions de mesure de puissance cumulée d'ELFEXT et de PS ACR-F	228
6.11.9	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'affaiblissement de réflexion	228
6.11.10	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure du temps de propagation.....	230
6.11.11	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la différence des temps de propagation	230
6.11.12	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la longueur	230
6.11.13	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la résistance de boucle en courant continu	230
6.12	Comparaisons des mesurages effectués avec l'analyseur de réseaux	231
6.12.1	Généralités.....	231
6.12.2	Méthodes de comparaison	231
Annexe A (informative)	Incertitude et variabilité des résultats des essais sur site	233
A.1	Généralités	233
A.2	Consignation des résultats marginaux.....	233
A.3	Exactitude nominale.....	233
A.4	Variabilité des mesurages du lien non inclus dans l'exactitude de mesure	234
A.5	Variabilité des mesurages du canal.....	235
A.6	Vérifications de l'exactitude d'un contrôleur sur site	235
A.6.1	Généralités.....	235
A.6.2	Manipuler les cordons de l'adaptateur du lien	235
A.6.3	Échanger des adaptateurs à des unités principale et distante du contrôleur sur site.....	235
A.6.4	Emplacement des unités principale et distante du contrôleur sur site.....	236
A.6.5	Utilisation de liens caractérisés antérieurement	236
A.6.6	Utilisation de liens caractérisés séparément au moyen des équipements de laboratoire	236
A.6.7	Lignes directrices pour des essais d'installation correcte	236
Annexe B (informative)	Configuration d'essai en laboratoire de référence pour les essais de diaphonie exogène.....	238
B.1	Généralités	238
B.2	Paramètres d'essai	238
B.3	Construction du lien et du canal	238
B.4	Détermination du nombre de liens ou de canaux perturbants	240
B.5	Calcul des résultats	240
B.5.1	Généralités.....	240
B.5.2	Calcul des résultats de la classe I et de la classe II	240
B.6	Rapport d'essai.....	241

Annexe C (informative) Informations générales sur les performances de puissance cumulée de diaphonie exogène des installations	242
Annexe D (informative) Symétriseurs	244
D.1 Généralités	244
D.2 Symétriseurs d'essai existants	244
Annexe E (normative) Exigences concernant les essais sur site de la diaphonie exogène	247
E.1 Généralités	247
E.2 Puissance cumulée de diaphonie exogène	247
E.2.1 Objectif	247
E.2.2 Méthode d'essai	247
E.2.3 Équipement et montage d'essai	247
E.2.4 Mesure des pertes par paradiaphonie exogène (ANEXT)	248
E.2.5 Mesure des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT)	248
E.2.6 Procédure	249
E.2.7 Choix des accès d'essai	252
E.2.8 Rapport d'essai	254
E.2.9 Incertitude des mesurages de puissance cumulée de diaphonie exogène	254
Bibliographie	255
Figure 1 – Charge à résistance	143
Figure 2 – Plans de référence pour lien permanent, lien CP et canal de transmission	145
Figure 3 – Hybride à 180° utilisé comme symétriseur	146
Figure 4 – Mesurage de la résistance de boucle	150
Figure 5 – Mesurage de l'asymétrie de résistance en courant continu	152
Figure 6 – Configuration de l'essai de la perte d'insertion	155
Figure 7 – Configuration d'essai de la paradiaphonie	158
Figure 8 – Configuration d'essai de la télédiaphonie	162
Figure 9 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement de réflexion	165
Figure 10 – Mesurage de la paradiaphonie exogène (ANEXT)	167
Figure 11 – Mesurage de télédiaphonie exogène	170
Figure 12 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche	175
Figure 13 – Mesurage de la perte d'insertion en mode différentiel de symétriseurs dos à dos	175
Figure 14 – Mesurage de la perte d'insertion en mode commun de symétriseurs dos à dos	176
Figure 15 – Essai de performance asymétrique du symétriseur de mesure	177
Figure 16 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée	179
Figure 17 – Formation correcte des paires	184
Figure 18 – Formation incorrecte des paires	185
Figure 19 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT)	189
Figure 20 – Schéma fonctionnel de mesure de la symétrie du signal de sortie	215
Figure 21 – Schéma fonctionnel de mesure de la réjection de mode commun	216
Figure 22 – Schéma fonctionnel de mesure de la paradiaphonie résiduelle	217

Figure 23 – Schéma fonctionnel de mesure de l'exactitude dynamique	217
Figure 24 – Principe de mesure de la paradiaphonie résiduelle.....	219
Figure 25 – Principe de mesure alternative de la télédiaphonie résiduelle.....	219
Figure 26 – Essai du seuil de mesure de la diaphonie exogène pour la configuration d'essai du canal.....	223
Figure 27 – Essai du seuil de mesure de la diaphonie exogène pour les configurations d'essai du lien.....	224
Figure A.1 – Source de variabilité au cours des essais du lien	234
Figure D.1 – Configurations relatives à la qualification des symétriseurs d'essai.....	244
Figure D.2 – Hybride à 180° utilisé comme symétriseur	245
Figure E.1 – Diagramme schématique pour le mesurage de la perte par paradiaphonie exogène (ANEXT) d'un canal.....	248
Figure E.2 – Configuration d'essai pour le mesurage des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT)	249
Figure E.3 – Logigramme de la procédure d'essai de diaphonie exogène.....	253
Tableau 1 – Nomenclature des paramètres S en mode mixte	146
Tableau 2 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai	147
Tableau 3 – Incertitude estimée de mesure asymétrique à l'extrémité proche	178
Tableau 4 – Incertitude estimée de mesure asymétrique à l'extrémité éloignée.....	180
Tableau 5 – Exigences de mesure des paramètres facultatifs des essais sur site	182
Tableau 6 – Synthèse des exigences de consignation concernant les équipements d'essai sur site (1 de 3)	191
Tableau 7 – Exigences minimales de consignation concernant la PS ANEXT et la PS AACR-F.....	194
Tableau 8 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu et de la longueur pour les instruments d'essai de niveau IIE, de niveau III, de niveau IV, de niveau V et de niveau VI.....	197
Tableau 9 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIE.....	197
Tableau 10 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau III	198
Tableau 11 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIIe	198
Tableau 12 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IV.....	199
Tableau 13 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau V	199
Tableau 14 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (Classe I).....	200
Tableau 15 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (classe II).....	201

Tableau 16 – Spécifications de performance d'exactitude du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu et de la longueur pour les contrôleurs de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE, de niveau IV et de niveau V.....	201
Tableau 17 – Spécifications de performance d'exactitude du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu, de l'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires et de la longueur pour les contrôleurs de niveau VI	202
Tableau 18 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IIE selon les lignes directrices IEC.....	203
Tableau 19 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau III selon les lignes directrices IEC	205
Tableau 20 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IIIE selon les lignes directrices	206
Tableau 21 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IV selon les lignes directrices IEC.....	208
Tableau 22 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau V selon les lignes directrices IEC.....	210
Tableau 23 – Paramètres de performance d'exactitude de contrôleur sur site de niveau VI selon les lignes directrices IEC.....	212
Tableau D.1 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai existants	246

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION RELATIVE AUX ESSAIS DES CÂBLAGES SYMÉTRIQUES
ET COAXIAUX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION –****Partie 1: Câblages symétriques installés selon les spécifications
de l'ISO/IEC 11801-1 et des normes connexes**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. À 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 de la présente Publication 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61935-1 a été établie par le comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la fréquence supérieure a été portée à 2 000 MHz;
- b) elle introduit un nouveau niveau de contrôleur sur site (Niveau VI à 2 000 MHz);

- c) les modèles d'erreur et les exigences concernant les contrôleurs de niveau VI sont améliorés et actualisés.

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

FDIS	Rapport de vote
46/725/FDIS	46/730/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61935, publiées sous le titre général: *Spécification relative aux essais des câblages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information*, peut être consultée 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 "<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 cette publication 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.

INTRODUCTION

Le câblage destiné aux télécommunications, autrefois spécifié uniquement par chaque application, a évolué pour devenir un système de câblage générique. Les applications de télécommunications utilisent désormais la norme de câblage ISO/IEC 11801-1 pour satisfaire aux exigences de câblage. Auparavant, les essais de connectivité et le contrôle visuel étaient jugés suffisants pour vérifier une installation de câbles. À présent, les utilisateurs ont besoin d'essais plus complets afin de vérifier que le lien supportera les applications de télécommunications qui sont destinées à fonctionner sur le système de câblage générique. La présente partie de l'IEC 61935 expose les méthodes d'essai de référence en laboratoire et sur site et les compare.

Les performances de transmission dépendent des caractéristiques des câbles, du matériel de connexion, des cordons de brassage et des câbles d'interconnexion, du nombre total de connexions et du soin avec lequel ils sont installés et entretenus. L'IEC 61935 (toutes les parties) spécifie des méthodes d'essai pour les câblages installés et les ensembles de câbles équipés préfabriqués. Ces méthodes d'essai, le cas échéant, sont fondées sur celles utilisées pour les composants de câbles équipés.

La présente Partie 1 contient les méthodes d'essai exigées pour les câblages installés. La Partie 1-1 spécifie des exigences concernant la vérification par essai facultative du TCL et de l'ELTCTL. La Partie 1-2 spécifie des exigences concernant la vérification par essai facultative de l'asymétrie de résistance. La Partie 2 contient les méthodes d'essai exigées pour les cordons de brassage et les cordons pour zones de travail.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

SPÉCIFICATION RELATIVE AUX ESSAIS DES CÂBLAGES SYMÉTRIQUES ET COAXIAUX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION –

Partie 1: Câblages symétriques installés selon les spécifications de l'ISO/IEC 11801-1 et des normes connexes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61935 spécifie les procédures des mesures de référence pour les paramètres de câblage et les exigences pour l'exactitude des contrôleurs sur site pour mesurer les paramètres de câblage identifiés dans l'ISO/IEC 11801-1.

Le présent document s'applique quand les câbles équipés sont constitués de câbles conformes à l'IEC 61156 (toutes les parties) et de matériel de connexion spécifié dans l'IEC 60603-7 (toutes les parties) ou dans l'IEC 61076-3-104, l'IEC 61076-3-110, l'IEC 61076-2-101 et l'IEC 61076-2-109. Lorsque les câbles et/ou les connecteurs ne sont pas conformes à ces normes, des essais supplémentaires peuvent alors être exigés.

Le présent document est organisé de la manière suivante:

- les procédures de référence pour les mesurages en laboratoire relatives aux topologies de câblage sont spécifiées à l'Article 4. Dans certains cas, ces procédures peuvent être utilisées sur site (voir l'IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014);
- les descriptions et les exigences pour les mesurages sur site sont spécifiées à l'Article 5;
- les exigences de performances pour les contrôleurs sur site et les procédures de vérification des performances sont spécifiées à l'Article 6.

NOTE 1 Le présent document ne comprend pas les essais qui sont normalement effectués séparément sur les câbles et sur les connecteurs. Ces essais sont respectivement décrits dans l'IEC 61156-1 et l'IEC 60603-7 ou dans l'IEC 61076-3-104, l'IEC 61076-3-110, l'IEC 61076-2-101 et l'IEC 61076-2-109.

NOTE 2 Les câbles et les connecteurs utilisés dans les câbles équipés, même s'ils ne sont pas décrits dans l'IEC 61156 ou l'IEC 60603-7, l'IEC 61076-3-104, l'IEC 61076-3-110, l'IEC 61076-2-101 et l'IEC 61076-2-109, sont dans toute la mesure du possible soumis à des essais séparément selon les essais donnés dans la spécification générique correspondante. Dans ce cas, la plupart des essais d'environnement et des essais mécaniques décrits dans la présente norme peuvent être omis.

Le présent document traite des performances concernant les câblages de 100 Ω . Pour les câblages de 120 Ω ou 150 Ω , les mêmes principes s'appliquent, mais il convient que le système de mesure corresponde au niveau d'impédance nominale.

Les types de contrôleurs sur site comprennent la certification, la qualification et la vérification. Les essais de certification sont réalisés pour les besoins rigoureux des bâtiments commerciaux/industriels selon le présent document. Les essais de qualification sont décrits dans l'IEC 61935-3. Les essais de qualification déterminent si le câblage prend en charge certaines technologies de réseau (par exemple 1000BASE-T, 100BASE-TX, 10G Base-T). Les contrôleurs de qualification n'ont pas d'exactitude traçable par rapport à des étalons nationaux. Ils apportent uniquement l'assurance du fonctionnement des applications spécifiques. Les contrôleurs de vérification vérifient seulement la connectivité.

Le présent document part de l'hypothèse que les câblages sont du type à quatre paires. Les procédures d'essai décrites dans le présent document peuvent également servir à évaluer les câblages symétriques à une ou deux paires. Cependant, les liens de câblages à deux paires qui partagent la même gaine avec d'autres liens sont soumis aux essais comme des câblages à quatre paires.

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 60169-15, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Quinzième partie: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 4,13 mm (0,163 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 ohms (Type SMA)*

IEC 60169-22, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Vingt-deuxième partie: Connecteurs à deux pôles pour fréquences radioélectriques à verrouillage à baïonnette, applicables à des câbles symétriques blindés à deux conducteurs intérieurs (type BNO)*

IEC 60512-25-9, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 25-9: Essais d'intégrité des signaux – Essai 25i: Diaphonie exogène*

IEC PAS 60512-27-200, *Connecteurs for electrical and electronic equipment – Tests and measurements – Part 27-200: Additional specifications for signal integrity tests up to 2 000 MHz on IEC 60603-7 series connectors – Tests 27a to 27g (disponible en anglais seulement)*

IEC 60603-7 (toutes les parties), *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7: Spécification particulière pour les fiches et les embases blindées à 8 voies*

IEC 60603-7-71, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-71: Spécification particulière pour les fiches et les embases blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 1 000 MHz*

IEC 60603-7-81, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-81: Spécification particulière pour les fiches et les embases blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 2 000 MHz*

IEC 60603-7-82, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-82: Spécification particulière pour les fiches et les embases écrantées à 8 voies et 12 contacts pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 2 000 MHz*

IEC 61076-2-101, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 2-101: Connecteurs circulaires – Spécification particulière pour les connecteurs M12 à vis*

IEC 61076-2-109, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 2-109: Connecteurs circulaires – Spécification particulière relative aux connecteurs avec verrouillage à vis M 12 × 1, pour les transmissions de données à des fréquences jusqu'à 500 MHz*

IEC 61076-3-104, *Connectors for electrical and electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 2 000 MHz (disponible en anglais seulement)*

IEC 61076-3-110, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 3-110: Spécification particulière pour les fiches et les embases pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 3 000 MHz*

IEC 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques*

IEC 61156-1, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

IEC TR 61156-1-2:2009, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-2: Electrical transmission characteristics and test method of symmetrical pair/quad cables* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014

IEC 61156-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 5: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61156-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 6: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Work area wiring – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61156-9, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 9: Cables for channels with transmission characteristics up to 2 GHz – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61156-10, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 10: Cables for cords with transmission characteristics up to 2 GHz – Sectional specification* (disponible en anglais seulement)

IEC 61169-16, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 16: Spécification intermédiaire – Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 7 mm (0,276 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 Ω (75 Ω) (type N)*

IEC 61935-1-11, *Spécification relative aux essais des cablages symétriques de communication conformément à l'ISO/IEC 11801, ainsi que des cablages coaxiaux des technologies de l'information – Partie 1-1: Exigences supplémentaires pour le mesurage de l'affaiblissement de conversion transversale et de l'affaiblissement de transfert de conversion transversale de niveau égal*

IEC 61935-1-2, *Spécification relative aux essais des cablages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information – Partie 1-2: Câblages symétriques installés tels que spécifiés dans l'ISO/IEC 11801 – Exigences supplémentaires pour le mesurage de l'asymétrie*

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

IEC 62153-4-11, *Metallic communication cable test methods – Part 4-11: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation or screening attenuation of patch cords, coaxial cable assemblies, pre-connectorised cables – Absorbing clamp method* (disponible en anglais seulement)

IEC 62153-4-14, *Metallic communication cable test methods – Part 4-14: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation of cable assemblies (Field conditions) absorbing clamp method* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 11801-1, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements* (disponible en anglais seulement)

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC/FDIS 61935-1-1:2019.

ISO/IEC 14763-12, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 1: Administration* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation* (disponible en anglais seulement)

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*

3 Termes, définitions et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/IEC 11801-1 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 <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Termes et définitions

3.1.1

câble équipé

combinaison de câble(s) et de connecteur(s) à performances spécifiées, utilisée comme une seule unité destinée à faire partie d'un lien de câblage comme cela est défini dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent)

Note 1 à l'article: Exemples de câble équipé: un cordon, un câble de zone de travail ou un lien.

3.1.2

certification

mesurages de câblages installés spécifiés dans l'ISO/IEC 11801-1 (par exemple, Classe D, Classe E, Classe E_A, Classe F, Classe F_A, Classe I et Classe II)

Note 1 à l'article: La certification exige des contrôleurs sur site ayant une exactitude traçable par rapport à des étalons nationaux.

3.1.3

essai comparatif

essai effectué pour vérifier l'écart entre les résultats obtenus par la méthode d'essai de référence et ceux obtenus avec un autre montage d'essai (c'est-à-dire un équipement d'essai sur site)

3.1.4

affaiblissement de couplage

rapport, en dB, de la puissance différentielle des paires de signaux sur la puissance générée par les courants en mode commun excités

3.1.5**résistance en courant continu**

mesure de la somme totale de la résistance en courant continu des fils d'une paire (voir résistance de boucle en courant continu)

3.1.6**différence des temps de propagation**

valeur la plus défavorable de la différence de retard de phase entre des paires quelconques dans le même câble équipé

3.1.7**longueur électrique**

longueur équivalente en espace libre du câble équipé

3.1.8**télédiaphonie****FEXT**

diminution de grandeur de puissance d'un signal qui se propage entre paires perturbantes et perturbées contenues dans le même lien, mesurée à l'extrémité éloignée

Note 1 à l'article: Lorsque la diminution de puissance est rapportée à l'extrémité proche de la paire perturbante, la caractéristique est appelée diaphonie entrée/sortie (IO FEXT – *input output crosstalk*).

Note 2 à l'article: Lorsque la diminution de puissance est rapportée à l'extrémité éloignée de la paire perturbante, la caractéristique est appelée télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT – *equal level far end crosstalk*).

Note 3 à l'article: Lorsque la diminution de puissance est rapportée à l'extrémité éloignée de la paire perturbée, la caractéristique est appelée rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, extrémité éloignée (ACR-F – *attenuation-to-crosstalk ratio, far end*).

Note 4 à l'article: La FEXT est exprimée en dB.

Note 5 à l'article: Les documents de la série ISO/IEC 11801-1 substituent le terme ACR-F au terme ELFEXT.

Note 6 à l'article: L'abréviation "FEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "far-end cross-talk".

3.1.9**paradiaphonie****NEXT**

mesurage effectué à l'extrémité proche, de la racine carrée du couplage de la puissance du signal d'un circuit à un autre circuit dans un câble équipé quand une racine carrée de la puissance du signal est alimentée et mesurée à la même extrémité

Note 1 à l'article: La paradiaphonie est exprimée en dB par rapport à la racine carrée incidente de la puissance du signal.

Note 2 à l'article: L'abréviation "NEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "near-end cross-talk".

3.1.10**impédance nominale**

impédance pour laquelle le système est conçu, l'impédance nominale étant purement résistive

3.1.11**symétrie du signal de sortie****OSB**

rapport de la tension de sortie en mode commun sur la tension de sortie en mode différentiel générée par un accès source

Note 1 à l'article: L'abréviation "OSB" est dérivée du terme anglais développé correspondant "output signal balance".

3.1.12

puissance cumulée NEXT

NEXT combinée sur une paire réceptrice de tous les liens perturbants agissant simultanément

3.1.13

puissance cumulée ACR-F

ACR-F combinée sur une paire réceptrice de tous les liens perturbants agissant simultanément

3.1.14

puissance cumulée ELFEXT

ELFEXT combinée sur une paire réceptrice de tous les liens perturbants agissant simultanément

3.1.15

temps de propagation

retard de phase à chaque fréquence dans la plage de fréquences concernée pour la propagation d'une onde transversale électromagnétique (TEM – *transverse electromagnetic mode*) entre les plans de référence du câble équipé, exprimé en nanosecondes par mètre (ns/m)

3.1.16

qualification

mesurages de câblages installés propres aux technologies de réseau spécifiques

Note 1 à l'article: Exemple de qualification: 100BASE-T, IEEE802.3, 1000BASE-T, 10 GBASE-T, IEEE 1394b.

3.1.17

plan de référence

position de référence du câblage en essai ou du connecteur à accouplement nécessaire à laquelle les exigences de performances sont spécifiées

3.1.18

coefficient de réflexion

Γ

rapport de la racine carrée complexe de l'amplitude de l'onde réfléchie à la racine carrée complexe de l'amplitude de l'onde incidente à un accès ou à une section transversale d'un câble équipé lorsque celui-ci est terminé par ses impédances nominale ou d'application, Z_{nom}

$$\Gamma = \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (1)$$

3.1.19

affaiblissement de réflexion

RL

rapport entre la puissance amenée à un câble équipé terminé à l'extrémité éloignée par son impédance caractéristique nominale à la puissance réfléchie au port d'entrée du câble équipé

$$RL = 20 \log \left(\frac{u_i}{u_r} \right) \quad \text{ou} \quad RL = -20 \lg \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (2)$$

où

u_i est la tension incidente;

u_r est la tension de réflexion

Note 1 à l'article: L'abréviation "RL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "return loss".

3.1.20

affaiblissement asymétrique

rapport de la racine carrée en mode commun de la puissance du signal à la racine carrée en mode différentiel de la puissance du signal dans une paire en raison des propriétés asymétriques de ladite paire

3.1.21

vérification

mesurages du câble ou câblage installé pour la continuité

Note 1 à l'article: Aucun autre paramètre de performances de transmission que la connectivité n'est mesuré.

3.2 Acronymes

AACR-F	Attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end (rapport de l'affaiblissement à la diaphonie exogène à l'extrémité éloignée)
ACR	Attenuation to crosstalk ratio (rapport de l'affaiblissement à la diaphonie)
ACR-F	Attenuation to crosstalk ratio at the far-end (rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité éloignée)
ACR-N	Attenuation to crosstalk ratio at the near-end (rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche)
AFEXT	Alien far-end crosstalk (loss) ((perte par) télédiaphonie exogène)
ANEXT	Alien near-end crosstalk (loss) ((perte par) paradiaphonie exogène)
CP	Consolidation point (point de consolidation)
DC/d.c.	Direct current (courant continu)
EI	Equipment interface (interface entre les équipements)
ELTCTL	Equal level TCTL (TCTL de niveau égal)
ELFEXT	Equal level FEXT (FEXT de niveau égal)
CEM	Compatibilité électromagnétique
ELTCTL	Equal level TCTL (TCTL de niveau égal)
FEXT	Far-end crosstalk attenuation (loss) (affaiblissement (perte) de télédiaphonie)
LCL	Longitudinal to differential conversion loss (perte de conversion longitudinale à différentielle)
LCTL	Longitudinal to differential conversion transfer loss (perte de transfert de conversion longitudinale à différentielle)
NEXT	Near end crosstalk attenuation (loss) (affaiblissement (perte) de paradiaphonie)
VNP	vitesse nominale de propagation
PS AACR-F	Power sum attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end (rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène à l'extrémité éloignée)
PS AACR-F _{avg}	Average power sum attenuation to alien crosstalk ratio at the far-end (rapport moyen de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène à l'extrémité éloignée)

PS ACR	Power sum ACR (rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie)
PS ACR-N	Power sum attenuation to crosstalk ratio at the near-end (rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche)
PS ACR-F	Power sum attenuation to crosstalk ratio at the far-end (rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité éloignée)
PS AFEXT _{norm}	Normalized power sum alien far-end crosstalk (loss) (puissance cumulée de (perte par) télédiaphonie exogène normalisée)
PS AFEXT	Power sum alien far-end crosstalk (loss) (puissance cumulée de (perte par) télédiaphonie exogène)
PS ANEXT	Power sum alien near-end crosstalk (loss) (puissance cumulée de (perte par) paradiaphonie exogène)
PS AFEXT _{norm}	Normalized power sum alien far-end crosstalk (loss) (puissance cumulée de (perte par) télédiaphonie exogène normalisée)
PS ANEXT _{avg}	Average power sum alien near-end crosstalk (loss) (puissance cumulée de (perte par) paradiaphonie exogène moyenne)
PS FEXT	Power sum FEXT (loss) (puissance cumulée de (perte par) FEXT)
PS NEXT	Power sum NEXT (loss) (puissance cumulée de (perte par) NEXT)
RL	Return loss (affaiblissement de réflexion)
RFI	Radio frequency interference (brouillage radioélectrique)

4 Procédures de mesure de référence concernant les propriétés électriques

4.1 Généralités

L'Article 4 décrit les procédures de mesure de référence pour les paramètres électriques. Les procédures de mesure sont destinées à être utilisées dans un environnement de laboratoire avec des équipements de laboratoire. Dans certains cas, une procédure de mesure peut aussi s'appliquer aux essais sur site. Si tel est le cas, la procédure doit être identifiée de façon spécifique comme convenant aux essais des câblages installés et les précautions appropriées doivent être décrites.

Il est conseillé aux utilisateurs du présent document de consulter les normes d'application et de s'informer auprès des fabricants des équipements et des intégrateurs de systèmes afin de déterminer si ces exigences conviennent pour des applications spécifiques en réseau.

4.2 Considérations communes relatives aux mesures

4.2.1 Considérations relatives au contrôleur

Les procédures de mesure de référence décrites dans le présent document exigent l'utilisation d'un analyseur de réseaux, de transformateurs RF (symétriseurs), de conducteurs d'essai à paires torsadées (TP – *twisted pair*) et de terminaisons d'adaptation d'impédance. Des instruments d'essai générateurs/récepteurs séparés peuvent aussi être utilisés pour certains des mesurages. D'autres procédures de mesure qui peuvent donner des résultats équivalents peuvent être utilisées.

4.2.2 Exigences d'essai des analyseurs de réseaux

En général, les bornes d'entrée et de sortie d'un analyseur de réseaux sont asymétriques. Des transformateurs RF avec sorties équilibrées (symétriseurs) peuvent être utilisés avec des connexions du signal asymétrique vers l'analyseur de réseaux. Pour les adaptateurs d'essai

sans symétriseur, se reporter à l'IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014. Les adaptateurs d'essai sans symétriseur sont particulièrement adaptés pour les mesurages en mode mixte.

4.2.3 Montage d'essai

Avant les essais, le montage d'essai doit être étalonné au plan de référence spécifié pour le câblage en essai. Des étalonnages complets à un accès doivent être utilisés lorsque les mesurages effectués sont à un accès (par exemple, l'affaiblissement de réflexion). Un étalonnage complet à deux accès doit être utilisé lorsque les mesurages effectués sont à deux accès (par exemple, la perte d'insertion).

4.2.4 Terminaison des paires de conducteurs

Pendant les mesurages, toutes les paires de conducteurs du câblage en essai doivent se terminer aux deux extrémités par des charges à adaptation d'impédance. Pour les paires en essai, les instruments d'essai y pourvoient à une extrémité ou aux deux extrémités. Pour les paires non soumises aux essais ou non connectées aux instruments d'essai, des charges à résistance ou des symétriseurs refermés doivent être appliqués.

Sauf spécification contraire, l'impédance nominale en mode différentiel de la terminaison doit être de 100 Ω pour les câblages de 100 Ω et de 120 Ω et de 150 Ω pour les câblages de 150 Ω . L'impédance nominale en mode commun doit être de 50 $\Omega \pm 25 \Omega$ sauf spécification contraire dans la procédure de mesure.

Les charges à résistance doivent utiliser des résistances spécifiées ayant une exactitude de $\pm 0,1 \%$ en courant continu et un affaiblissement de réflexion de 46 dB jusqu'à 100 MHz, et de 40 dB jusqu'à la fréquence maximale. Pour les paires connectées à un symétriseur, la charge en mode commun est mise en œuvre en appliquant une charge à la prise centrale du symétriseur. L'impédance de la charge est égale à l'impédance en mode commun. Pour les paires connectées à d'autres types d'appareils d'équilibrage (diviseurs de puissance à 180°), la charge en mode commun est mise en œuvre par l'utilisation d'un affaiblisseur à chacune des bornes symétriques de l'appareil d'équilibrage. Cette méthode est aussi utilisée si la prise centrale n'est pas disponible sur le symétriseur utilisé. L'affaiblissement fourni par les affaiblisseurs doit être ≥ 6 dB (voir la Figure 3). L'impédance en mode commun correspond environ au quart de l'impédance en mode différentiel pour cette mise en œuvre. Pour les paires connectées à des charges à résistance, la charge en mode commun est mise en œuvre par la configuration Y présentée à la Figure 1.

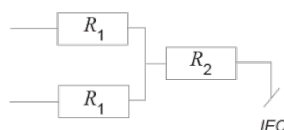


Figure 1 – Charge à résistance

où

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (3)$$

$$R_1 = 50 \Omega \pm 0,1 \%$$

et

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (4)$$

$$R_2 = 25 \Omega \pm 1 \%$$

où

R_{dif} est la résistance en mode différentiel (Ω);

R_{com} est la résistance en mode commun (Ω).

Pour les câblages non écrantés, les points de terminaison en mode commun pour toutes les paires sont connectés ensemble à l'une ou l'autre extrémité du câblage. Pour les câblages écrantés, les points de terminaison en mode commun sont connectés à l'écran ou aux écrans du câble à chaque extrémité du câblage.

NOTE L'exactitude dépend des techniques d'étalonnage équivalentes utilisées.

4.2.5 Charges de référence pour étalonnage

Pour effectuer un étalonnage à un ou deux accès du contrôleur, un court-circuit, un circuit ouvert et une terminaison d'adaptation d'impédance sont exigés. Ces dispositifs doivent être utilisés pour obtenir un étalonnage au niveau du plan de référence.

La terminaison d'adaptation d'impédance doit être étalonnée en fonction d'une référence d'étalonnage, qui doit être une charge de 50 Ω traçable par rapport à un étalon national de référence. Si la valeur de la charge de référence pour l'étalonnage est de 100 Ω , deux charges en parallèle doivent être étalonnées en fonction de la référence d'étalonnage. Si la valeur de la charge de référence pour l'étalonnage est de 150 Ω , trois charges en parallèle doivent être étalonnées en fonction de la référence d'étalonnage. Les charges de référence pour l'étalonnage doivent être placées dans un connecteur de type N conformément à l'IEC 61169-16 ou de type SMA conformément à l'IEC 60169-15, destiné à être monté sur panneau et qui est usiné à plat sur l'arrière. Les charges doivent être fixées au côté plat du connecteur, réparties uniformément autour du conducteur central. Un analyseur de réseaux doit être étalonné, étalonnage complet à un accès, avec la référence d'étalonnage. Ensuite, l'affaiblissement de réflexion des charges de référence pour l'étalonnage doit être mesuré. L'affaiblissement de réflexion vérifié doit être de 46 dB jusqu'à 100 MHz et de 40 dB jusqu'à la fréquence maximale.

4.2.6 Configurations d'essai

Les configurations de câblage soumises à l'essai sur site sont les suivantes (voir la Figure 2):

- Canal de transmission. La configuration d'essai du canal de transmission est destinée à être utilisée par les concepteurs de systèmes et les utilisateurs de systèmes de transmission de données pour vérifier les performances de l'ensemble du canal de transmission. Le canal de transmission tel que défini dans l'ISO/IEC 11801 (ou l'équivalent) comprend jusqu'à 90 m de câble horizontal, un cordon d'équipement de la zone de travail, une sortie/un connecteur de télécommunications, une connexion du point de consolidation facultatif proche de la zone de travail et deux connexions interconnectées dans le répartiteur d'étage. La longueur totale de la zone de travail, des cordons de brassage et des jarretières ne doit pas dépasser 10 m. Les connexions aux équipements à chaque extrémité du canal de transmission ne sont pas comprises dans la définition du canal. Le cordon de brassage de l'utilisateur final doit être utilisé pour vérifier par essai les performances du canal.
- Lien permanent. La configuration d'essai du lien permanent est destinée à être utilisée par les installateurs et les utilisateurs de systèmes de transmission de données pour vérifier les performances du câblage installé en permanence. Le répartiteur du lien permanent tel que défini dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent) se compose d'une longueur jusqu'à 90 m de câblage horizontal et d'une connexion à chaque extrémité. Le lien permanent exclut à la fois la portion de câble du cordon d'essai du contrôleur et la connexion au contrôleur, mais peut inclure le point de consolidation facultatif.
- Lien CP. La configuration d'essai du lien CP est destinée à être utilisée par les installateurs et les utilisateurs de systèmes de transmission de données pour vérifier la portion d'un lien permanent entre le répartiteur d'étage et le point de consolidation.

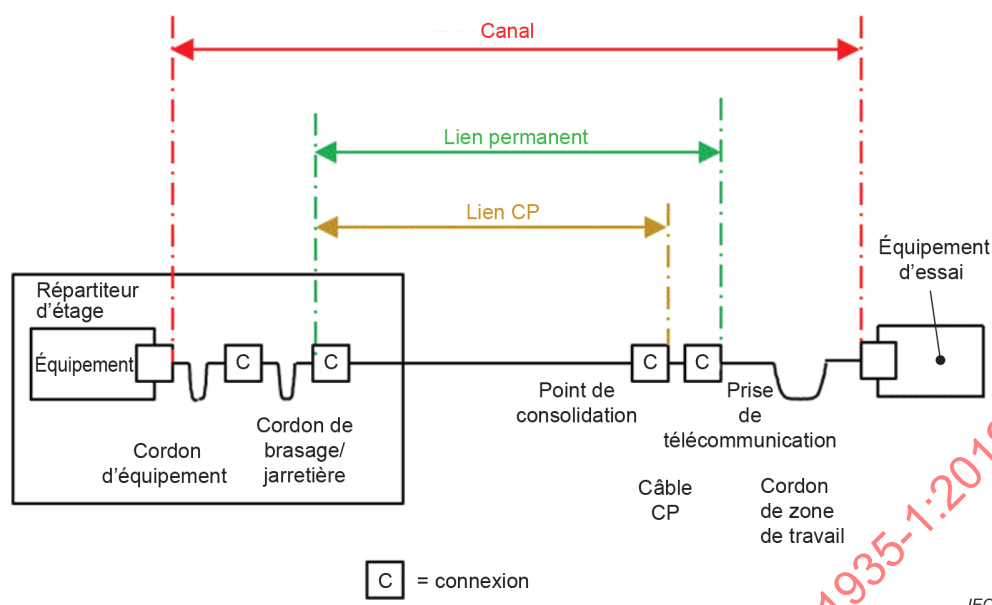


Figure 2 – Plans de référence pour lien permanent, lien CP et canal de transmission

Les plans de référence de la configuration d'essai d'un lien permanent se situent à l'extrémité des cordons d'essai du lien permanent, au niveau de laquelle le câble entre dans le corps de la fiche fixée aux cordons d'essai à l'extrémité locale et où le câble sort du corps de la fiche fixée au cordon d'essai à l'extrémité éloignée, chacun étant accouplé au lien permanent en essai. Dans la pratique, il convient que le plan de mesure de référence se situe à 5 mm au maximum de la définition du plan de référence au cours des mesurages effectués sur un lien permanent. Les plans de référence de la configuration d'essai d'un canal se situent à l'extrémité des cordons de brassage utilisateur au niveau de laquelle le câble entre dans le corps de la fiche fixée au cordon de brassage utilisateur à l'extrémité locale et où le câble sort du corps de la fiche fixée au cordon de brassage utilisateur à l'extrémité éloignée, chacun étant accouplé à l'adaptateur de canal. Dans la pratique, il convient que le plan de mesure de référence se situe dans une zone de 5 mm autour de la définition du plan de référence au cours des mesurages effectués sur un canal.

4.2.7 Câbles coaxiaux et conducteurs d'essai pour analyseurs de réseaux

Il convient que les câbles équipés coaxiaux entre l'analyseur de réseaux et tout montage d'essai soient aussi courts que possible. (Il est recommandé qu'ils ne dépassent pas 600 mm chacun). Les câbles coaxiaux doivent être doublement écrantés. Les symétriseurs (lorsqu'ils sont utilisés) doivent être fixés à un plan de masse commun.

4.2.8 Conducteurs d'essai symétriques

Les conducteurs d'essai symétriques et le matériel de connexion associé pour effectuer la connexion entre les équipements d'essai et le câble équipé en essai doivent être pris sur des composants qui satisfont au moins aux exigences de la catégorie du câble équipé en essai. Les conducteurs d'essai symétriques doivent être limités à une longueur de 50 mm entre tout montage d'essai et le plan de référence du câblage en essai. Les paires doivent rester torsadées entre tout montage d'essai jusqu'au point de réalisation des connexions vers le dispositif en essai (DUT – *device under test*), et les conducteurs d'essai symétriques non écrantés doivent être séparés de 5 mm de tout plan de masse.

Pour les adaptateurs d'essai sans symétriseur, se reporter à l'IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

Les paramètres S d'un mesurage en mode mixte comprennent 16 termes pour un seul chemin de mesure, qui fournissent la matrice complète des paramètres en mode commun et en mode différentiel. La nomenclature est donnée par le Tableau 1.

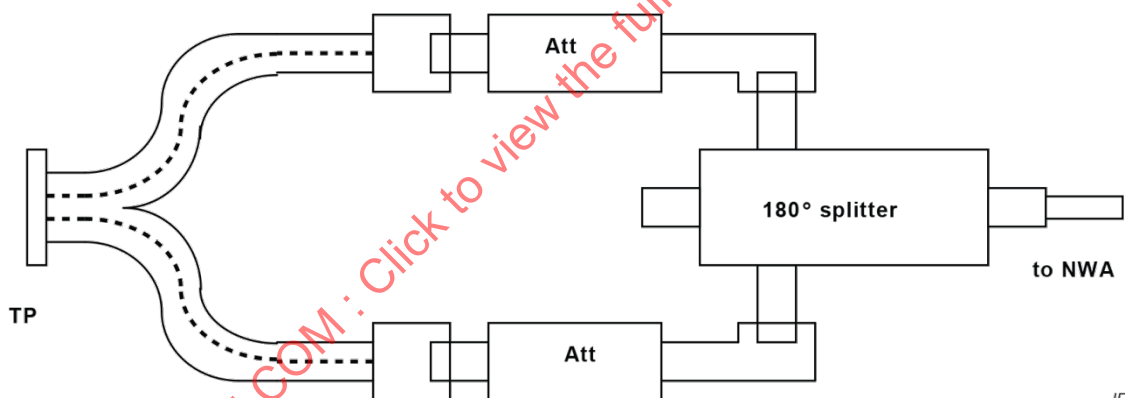
Tableau 1 – Nomenclature des paramètres S en mode mixte

		Stimulus en mode différentiel		Stimulus en mode commun	
		Accès 1	Accès 2	Accès 1	Accès 2
Réponse en mode différentiel	Accès 1	S_{DD11}	S_{DD12}	S_{DC11}	S_{DC12}
	Accès 2	S_{DD21}	S_{DD22}	S_{DC21}	S_{DC22}
Réponse en mode commun	Accès 1	S_{CD11}	S_{CD12}	S_{CC11}	S_{CD12}
	Accès 2	S_{CD21}	S_{CD22}	S_{CC21}	S_{CC22}

4.2.9 Exigences relatives aux symétriseurs

En fonction du montage d'essai, les symétriseurs constituent un élément facultatif qui peut être exigé pour les mesurages. En cas d'utilisation de symétriseurs, le principe suivant s'applique:

Les symétriseurs peuvent être des transformateurs à symétriseur ou des hybrides à 180° avec des affaiblisseurs pour améliorer l'adaptation si cela s'avère nécessaire (voir la Figure 3).



IEC

Légende

- Att affaiblisseur
- Séparateur à 180° séparateur de phase à 180 degrés
- vers NWA connexion vers l'analyseur de réseaux
- TP connexions au niveau de l'accès d'essai (test port)

Figure 3 – Hybride à 180° utilisé comme symétriseur

Un symétriseur est désigné de classe A dans la plage de fréquences pour laquelle les exigences de la classe A sont satisfaites. Un symétriseur est désigné de classe B dans la plage de fréquences pour laquelle les exigences de la classe B sont satisfaites. Un symétriseur peut être de classe A dans une plage de fréquences donnée et être de classe B dans une autre plage de fréquences étendue.

Les symétriseurs de la classe A sont utilisés de manière préférentielle pour la vérification des caractéristiques des performances de toutes les classes de câblage.

Les symétriseurs de la classe B (voir l'Annexe D) peuvent être utilisés pour vérifier les performances de toutes les classes de câblage, sous réserve que le calcul des erreurs de mesure tienne compte des performances moindres du symétriseur.

Les symétriseurs doivent être protégés contre les brouillages radioélectriques et doivent être conformes aux exigences données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai

Paramètre	Classe A 250 1 MHz à 250 MHz	Classe A 500 1 MHz à 500 MHz	Classe A 1000 1 MHz à 1000 MHz	Classe A 2000 1 MHz à 2000 MHz
Impédance, primaire ^a	50 Ω asymétrique	50 Ω asymétrique	50 Ω asymétrique	50 Ω asymétrique
Impédance, secondaire	Symétrique adapté ^d	Symétrique adapté ^d	Symétrique adapté ^d	Symétrique adapté ^d
Perte d'insertion ^e	3 dB au maximum	2 dB au maximum	3 dB au maximum	3 dB, 1 MHz à 3 MHz 2 dB, 3 MHz à 15 MHz 2 dB, 15 MHz à 1 000 MHz 3 dB, 1 000 MHz à 2 000 MHz
Affaiblissement de réflexion secondaire, minimal	20 dB	12 dB, 1 MHz à 15 MHz 20 dB, 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 en mode commun ^b , minimal	10 dB	15 dB, 1 MHz à 15 MHz 20 dB, 15 MHz à 400 MHz 15 dB, 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 ffsf, 500 MHz à 2 000 MHz
Puissance assignée	0,1 Watt au minimum	0,1 Watt au minimum	0,1 Watt au minimum	0,1 Watt au minimum
Symétrie longitudinale ^c , minimale	60 dB	60 dB, 1 MHz à 100 MHz 50 dB, 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
Symétrie du signal de sortie ^c , minimale	50 dB	50 dB	60 dB, 4 MHz à 350 MHz 50 dB, 350 MHz à 600 MHz 40 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	ffs.

Paramètre	Classe A 250 1 MHz à 250 MHz	Classe A 500 1 MHz à 500 MHz	Classe A 1000 1 MHz à 1000 MHz	Classe A 2000 1 MHz à 2000 MHz
Réjection de mode commun ^c , minimale	50 dB	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
^a L'impédance primaire peut varier, si nécessaire, pour tenir compte des sorties de l'analyseur autres que 50 Ω. ^b Mesuré en connectant ensemble les bornes de sortie symétriques et en mesurant l'affaiblissement de réflexion. La borne d'entrée asymétrique du symétriseur doit être terminée par une charge de 50 Ω. Ou mesuré au niveau de l'accès en mode commun – lorsqu'il existe – avec terminaison de l'accès symétrique pour le mode différentiel et le mode commun. ^c Mesurée selon les recommandations UIT-T G.117 et O.9. ^d Pour les câbles 120 Ω, des symétriseurs 120 Ω sont utilisés uniquement lorsque l'utilisateur le demande. Généralement, des symétriseurs 100 Ω sont utilisés. ^e En cas d'utilisation d'affaiblisseurs séparés, ces derniers doivent être exclus du mesurage de perte d'insertion. ^f ffs: "for further study" en anglais.				

NOTE Des essais appropriés pour les configurations relatives à la qualification des symétriseurs d'essai par rapport aux exigences sont spécifiés à l'Annexe D.

Des symétriseurs conformes à l'Annexe D peuvent être également utilisés lorsque la compatibilité des symétriseurs existants est exigée.

4.2.10 Procédures sans symétriseur

Lorsque des techniques de mesure sans symétriseur sont utilisées, les exigences sont fournies par l'IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

4.2.11 Précautions concernant les mesurages par l'analyseur de réseaux

Pour assurer un niveau élevé de fiabilité des mesurages de transmission, les précautions suivantes sont exigées:

- le plan de référence de l'étalonnage doit coïncider avec le plan de référence de mesure; en cas de différences, l'amplitude des erreurs doit être déterminée;
- des symétriseurs (s'ils sont utilisés) et des charges à résistance cohérents et stables doivent être utilisés pour chaque paire pendant toute la séquence d'essai (voir 4.2.4);
- les discontinuités dans les câbles et les adaptateurs qui peuvent être causées par les flexions, les coudes en équerre et les forces contraignantes doivent être évitées avant, pendant et après les essais;
- l'espacement relatif des paires de conducteurs pendant toute la durée des essais doit être préservé dans toute la mesure du possible;
- les conducteurs d'essai des câbles symétriques et les interconnexions d'essai non écrantés doivent être maintenus à l'écart des surfaces métalliques, telles que les plans de masse, et isolés des sources de brouillage électromagnétique (EMI);
- la symétrie des câbles est maintenue, dans toute la mesure du possible, par des longueurs de conducteurs et un torsadage de paires cohérents jusqu'au point de charge;
- les longueurs des lignes imprimées et des conducteurs symétriques coaxiaux doivent être maintenues aussi courtes que possible de façon à réduire le plus possible les effets parasites et la résonance;
- les connexions avec les symétriseurs (s'ils sont utilisés) et les broches des interfaces des embases de circuit intégré doivent être réalisées de telle sorte que le mouvement du

conducteur résultant de la connexion des différentes paires à l'analyseur de réseaux ou au montage d'essai doit produire une variabilité minimale pour des mesurages répétés sur le même câble de référence ($\pm 0,25$ dB ou moins est acceptable). Lorsque la pratique le permet, un montage d'essai rigide est recommandé;

- i) les conditions de surcharge de l'analyseur de réseaux doivent être évitées;
- j) la sensibilité aux écarts de montage pour ces mesurages à des fréquences élevées exige une attention particulière aux informations détaillées à la fois pour l'équipement de mesure et pour les procédures. L'interprétation des données et l'application des exigences ne sont appropriées que si une répétabilité satisfaisante des mesurages d'au moins ± 1 dB est obtenue;
- k) l'exactitude d'un analyseur de réseaux n'est pas négligeable pour les mesurages ou les corrélations avec les contrôleurs sur site. Il convient de tenir compte de cet élément;
- l) il convient que la mise à la terre des câbles blindés s'effectue par une connexion à faible impédance le plus près possible du plan de masse.

4.2.12 Compte rendu et exactitude des données

L'incertitude de mesure doit être déterminée pour chaque essai. Elle doit être calculée en déterminant l'incertitude provenant de chaque source d'erreur exprimée sous la forme de sa contribution au résultat. Les valeurs des différentes sources d'erreur sont établies sur les spécifications des instruments de mesure, les erreurs calculées à partir de charges d'étalonnage imparfaites et sur l'expérience de mesure. L'incertitude de mesure globale estimée est calculée comme étant le double de la contribution d'incertitude provenant des différentes sources d'erreur. La contribution d'incertitude se calcule comme suit:

$$\sigma_{\text{res}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (5)$$

où σ_1 à σ_n est la contribution des différentes sources d'erreur.

L'incertitude de mesure globale se définit comme $2\sigma_{\text{res}}$, ce qui est approximativement équivalent à un niveau de confiance à 95 %. Une bande d'incertitude de mesure est déterminée de chaque côté de la limite spécifiée.

Pour la classe FA et les classes inférieures, les résultats d'essai qui se situent à l'extérieur de la bande d'incertitude sont déclarés "acceptés" ou "refusés". Les résultats d'essai qui se situent à l'intérieur de la bande d'incertitude sont déclarés "**acceptés" ou "**refusés" selon le cas. Il doit être défini dans la spécification particulière appropriée ou être convenu dans le cadre de la spécification contractuelle dans quelle mesure des résultats "*" doivent déterminer soit l'approbation soit la non-approbation du câblage en essai.

4.2.13 Taille des échelons de fréquence

Sauf spécification contraire, lorsque l'instrument d'essai effectue des mesurages à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à:

- 150 kHz jusqu'à 31,25 MHz;
- 250 kHz de 31,25 MHz à 100 MHz;
- 500 kHz de 100 MHz à 250 MHz;
- 1 MHz de 250 MHz à 600 MHz;
- 2 MHz de 600 MHz à 2 000 MHz.

4.3 Résistance de boucle en courant continu

4.3.1 Objectif

L'objectif de cet essai est d'assurer la continuité en courant continu et à basse fréquence des conducteurs.

Cet essai s'applique aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.3.2 Méthode d'essai

Le mesurage de la résistance de boucle doit être effectué sur chaque paire à l'extrémité proche après avoir appliqué un court-circuit entre chaque fil de la paire concernée à l'extrémité éloignée.

4.3.3 Équipement et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes (voir 4.4.2) adapté aux mesurages de faible résistance doit être utilisé. Les paires à l'extrémité éloignée du câblage en essai doivent être court-circuitées au plan de référence. Le montage d'essai est représenté à la Figure 4.

4.3.4 Procédure

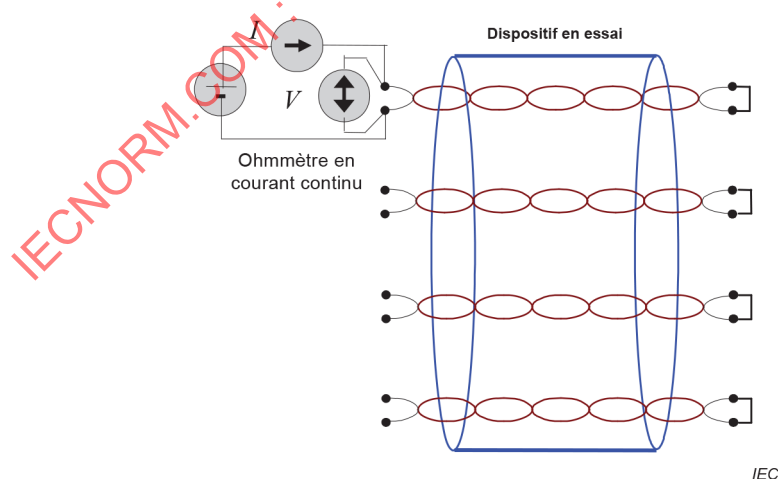
4.3.4.1 Étalonnage

L'ohmmètre doit être étalonné pour $0\ \Omega$ aux extrémités des conducteurs d'essai. Après étalonnage, les conducteurs d'essai doivent être connectés au câblage au plan de référence de mesure.

L'étalonnage doit être effectué pour $0,00\ \Omega$ afin de pouvoir mesurer $0,1\ \Omega$.

4.3.4.2 Mesurage

La résistance de boucle pour les quatre paires doit être mesurée.



Légende

- V tension appliquée au dispositif en essai
- I courant appliqué au dispositif en essai

Figure 4 – Mesurage de la résistance de boucle

4.3.5 Rapport d'essai

La valeur mesurée doit être consignée pour la paire ayant la résistance la plus élevée et cette paire doit être identifiée. La résistance la plus élevée doit être comparée aux limites de spécification des exigences.

4.3.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de résistance de référence en courant continu doit être inférieure à 0,1 Ω dans la plage de 0 Ω à 50 Ω.

4.3.7 Recalcul de la résistance de boucle en courant continu

Il convient de recalculer la valeur mesurée de la résistance de boucle à 20 °C à l'aide de la formule suivante:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha_R (t - 20)} \quad (6)$$

où

R_{20} est la résistance de boucle à 20 °C, en °C;

R_t est la résistance de boucle mesurée à la température t , en °C;

α_R est le coefficient de température de la résistance;

t est la température à laquelle le mesurage a été effectué, en °C.

4.4 Asymétrie de résistance en courant continu

4.4.1 Objectif

L'objectif de cet essai est d'assurer que l'asymétrie de résistance en courant continu satisfait aux exigences.

Cet essai s'applique aux essais en laboratoire. Pour la vérification par essai de l'asymétrie de résistance dans le cas des câblages installés, voir l'IEC 61935-1-2.

4.4.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai est représentée à la Figure 5. La configuration d'essai pour un fil y est représentée. Le mesurage de l'asymétrie de résistance doit être effectué sur chaque paire.

Chaque fil est mesuré et l'asymétrie de résistance en courant continu est le rapport de la différence de la résistance en courant continu de chaque fil d'une paire à la somme de la résistance en courant continu de chaque fil:

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \times 100 \quad (7)$$

où

ΔR est l'asymétrie de résistance exprimée en %.

4.4.3 Équipement et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes (voir 4.4.2) adapté aux mesurages de faible résistance doit être utilisé.

4.4.4 Procédure

4.4.4.1 Étalonnage

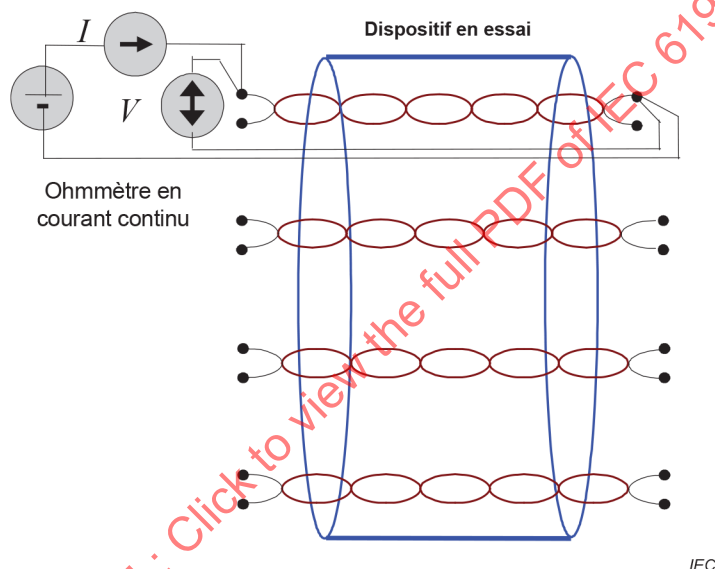
L'ohmmètre doit être étalonné pour $0\ \Omega$ aux extrémités des conducteurs d'essai. Après étalonnage, les conducteurs d'essai doivent être connectés au câblage au plan de référence de mesure.

L'étalonnage doit être effectué pour $0,000\ \Omega$ afin de pouvoir mesurer $0,01\ \Omega$.

4.4.4.2 Mesurage

Mesurer la résistance en courant continu de chaque fil d'une paire. Calculer ensuite l'asymétrie de résistance en courant continu selon l'Équation (7).

L'asymétrie de résistance en courant continu des quatre paires doit être mesurée.



Légende

V tension appliquée au fil en essai

I courant appliqué au fil en essai

Figure 5 – Mesurage de l'asymétrie de résistance en courant continu

4.4.5 Rapport d'essai

La valeur mesurée doit être consignée pour la paire ayant l'asymétrie de résistance la plus élevée et cette paire doit être identifiée. L'asymétrie de résistance la plus élevée doit être comparée aux limites de spécification des exigences.

4.4.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de l'asymétrie de résistance en courant continu doit être inférieure à $0,3\ \% + 0,025\ \Omega$ dans la plage de $0\ \Omega$ à $50\ \Omega$.

4.5 Asymétrie de résistance en courant continu entre les paires

4.5.1 Objectif

L'objectif de cet essai est d'assurer que l'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires satisfait aux exigences.

Cet essai s'applique aux essais en laboratoire et sur les câblages installés. Pour la vérification par essai de l'asymétrie de résistance entre les paires dans le cas des câblages installés, voir l'IEC 61935-1-2.

4.5.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai est représentée à la Figure 5. La configuration d'essai pour un fil y est représentée. Le mesurage de l'asymétrie de résistance doit être effectué sur chaque combinaison paire-paire.

Chaque fil est mesuré pour la résistance en courant continu et l'asymétrie de résistance en courant continu entre des paires est le rapport de la différence de la résistance en courant continu parallèle de chaque paire à la résistance en courant continu parallèle de chaque autre paire

$$\Delta R_{\text{Entre paires}} = \frac{\left| \left(\frac{R_{1A} \cdot R_{1B}}{R_{1A} + R_{1B}} \right) - \left(\frac{R_{2A} \cdot R_{2B}}{R_{2A} + R_{2B}} \right) \right|}{\left(\frac{R_{1A} \cdot R_{1B}}{R_{1A} + R_{1B}} \right) + \left(\frac{R_{2A} \cdot R_{2B}}{R_{2A} + R_{2B}} \right)} 100 \% \quad (8)$$

où

R_{1A}	est la résistance du premier fil de la paire 1 en Ω ;
R_{1B}	est la résistance du second fil de la paire 1 en Ω ;
R_{2A}	est la résistance du premier fil de la paire 2 en Ω ;
R_{2B}	est la résistance du second fil de la paire 2 en Ω ;
$\Delta R_{\text{Entre paires}}$	est l'asymétrie de résistance entre les paires, exprimée en %.

4.5.3 Équipement et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes (voir 4.4.2) adapté aux mesurages de faible résistance doit être utilisé.

4.5.4 Procédure

4.5.4.1 Étalonnage

L'ohmmètre doit être étalonné pour 0 Ω aux extrémités des conducteurs d'essai. Après étalonnage, les conducteurs d'essai doivent être connectés au câblage au plan de référence de mesure.

L'étalonnage doit être effectué pour 0,000 Ω afin de pouvoir mesurer 0,01 Ω .

4.5.4.2 Mesurage

Mesurer la résistance en courant continu de chaque fil d'une paire. Calculer ensuite l'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires.

L'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires pour la totalité des six combinaisons de paires doit être mesurée.

4.5.5 Rapport d'essai

La valeur mesurée doit être consignée pour la combinaison de paires ayant l'asymétrie de résistance la plus élevée et cette combinaison de paires doit être identifiée. L'asymétrie de résistance la plus élevée doit être comparée aux limites de spécification des exigences.

4.5.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de l'asymétrie de résistance en courant continu doit être inférieure à $0,7 \% + 0,035 \Omega$ dans la plage de 0Ω à 50Ω .

NOTE L'exactitude indiquée constitue une exigence minimale de prise en charge des limites fournies par les comités systèmes (et ne repose pas sur l'exactitude acceptable la plus défavorable pour la résistance de boucle en courant continu).

4.6 Perte d'insertion

4.6.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer la perte d'insertion du câblage en essai.

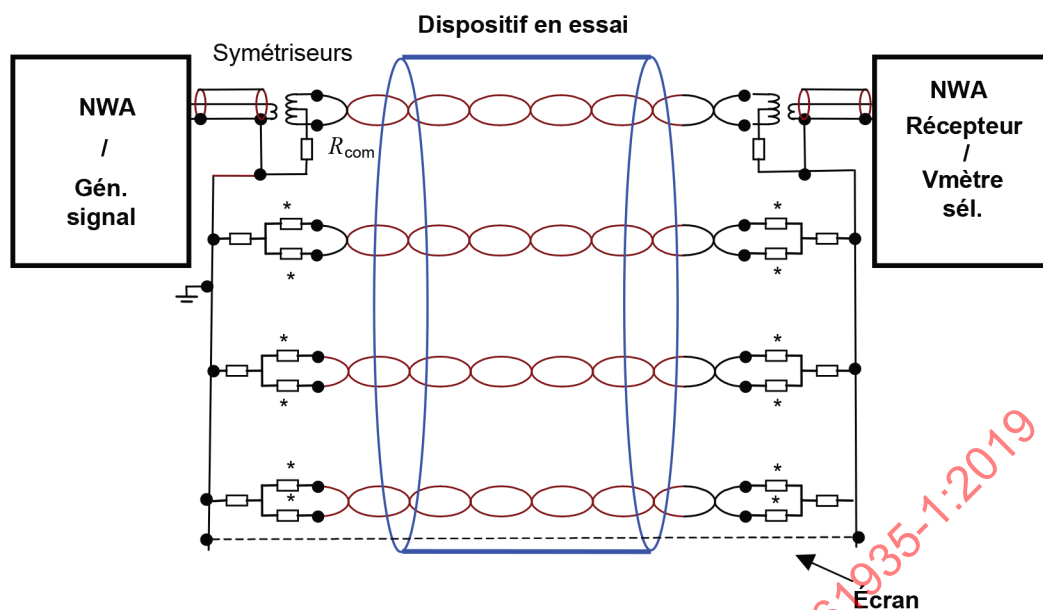
La méthode d'essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire. Si la perte d'insertion doit être mesurée pour des câblages installés en utilisant des équipements de laboratoire, il est alors exigé de disposer d'un générateur et d'un récepteur séparés.

4.6.2 Méthode d'essai

La perte d'insertion est mesurée en déterminant la perte de signal du dispositif en essai, par référence à la perte de signal d'une connexion courte entre les accès d'essai de l'instrument de mesure.

4.6.3 Équipement et montage d'essai

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 6 et le dispositif en essai doit être mesuré aux plans de référence définis à la Figure 2.



IEC

Légende

NWA/Gén. signal	générateur de signal de l'analyseur de réseaux ou générateur de signal
NWA réc./Vmètre sél	récepteur de l'analyseur de réseaux ou voltmètre sélectif
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun (facultative dans l'essai de perte d'insertion)
Symétriseurs	symétriseurs à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 6 – Configuration de l'essai de la perte d'insertion**4.6.4 Procédure****4.6.4.1 Étalonnage**

Un étalonnage de transmission (S_{21}) à deux accès doit être effectué au plan de référence. Cet étalonnage est réalisé en appliquant un câble d'étalonnage entre les bornes des symétriseurs et en effectuant la procédure d'étalonnage appropriée.

4.6.4.2 Mesurage

Des mesurages de perte d'insertion étalonnés du câblage doivent être effectués. Chaque paire doit être mesurée. Les paires doivent être terminées par des charges selon 4.2.4 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges selon 4.2.4 doivent être appliquées aux paires de câbles en essai. Il n'est pas nécessaire d'appliquer des charges en mode commun pour les paires qui ne sont pas en essai. Les mesurages doivent être effectués dans la plage de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence doit être conforme à 4.2.13.

4.6.4.3 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableaux avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques ou dans le tableau aux mêmes fréquences que celles stipulées dans la spécification particulière applicable. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.6.5 Correction de température

Il convient d'effectuer les mesurages de perte d'insertion à la température de fonctionnement la plus élevée prévue du câblage, qui peut être affectée par la puissance en courant continu fournie sur le système de câblage.

S'il n'est pas possible de réaliser les mesurages à la température de fonctionnement la plus élevée prévue du câblage, il convient d'effectuer des ajustements pour la perte d'insertion en se fondant sur la différence estimée entre la température de fonctionnement la plus élevée prévue de l'installation et la température réelle de mesure. Cette question peut s'avérer essentielle lorsque les longueurs des liens sont proches de la valeur maximale.

Le coefficient de température pour le câblage écranté est de 0,2 %/°C. Le coefficient de température maximale spécifié pour le câblage non écranté doit être au maximum 0,4 %/°C inférieur à une valeur comprise entre 20 °C et 40 °C et correspondre à 0,6 %/°C entre 40 °C et 60 °C, voir l'IEC 61156-5, l'IEC 61156-6, l'IEC 61156-9 et l'IEC 61156-10.

4.6.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de la perte d'insertion de référence pour le câblage doit être inférieure à 0,5 dB.

4.7 Temps de propagation et différence des temps de propagation

4.7.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer le temps de propagation et la différence des temps de propagation du câblage en essai.

La méthode d'essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire seulement. La méthode d'essai de référence ne peut pas être utilisée pour des câblages installés.

4.7.2 Méthode d'essai

Le temps de propagation est mesuré en déterminant le retard de phase d'un signal transmis à travers le câblage à l'aide de l'Équation (9).

$$\delta = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (9)$$

où

δ est le retard de phase, en secondes;

φ est la phase, en radians;

f est la fréquence, en Hertz.

La différence des temps de propagation est calculée sous la forme de la différence la plus défavorable des temps de propagation pour les paires dans le câblage.

4.7.3 Équipement et montage d'essai

Le montage est le même que pour les mesurages de la perte d'insertion (voir 4.6.3). La perte d'insertion et le retard peuvent être mesurés dans le même essai avec un seul balayage si l'analyseur de réseaux peut mesurer le paramètre complexe de diffusion, S_{21} .

4.7.4 Procédure

4.7.4.1 Étalonnage

Voir 4.6.4.1.

4.7.4.2 Mesurage

Voir 4.6.4.2, mais noter que pour ce mesurage, un balayage linéaire de la fréquence doit être appliqué. Les échelons de fréquence doivent être pris assez petits pour faire en sorte que le décalage de phase d'une fréquence de mesure à une autre soit inférieur à 2π . Afin d'assurer une marge adéquate, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 1 MHz.

4.7.4.3 Calcul

Certains analyseurs de réseaux donnent un affichage de la trace de phase continue de l'élément soumis à l'essai. Cet affichage peut être inséré directement dans l'Équation (10). En général, l'analyseur de réseaux mesure la phase dans un intervalle de $\pm\pi$. Comme le rapport de phase en fonction de la fréquence est une fonction à décroissance continue, 2π doit être soustrait de la phase mesurée chaque fois qu'il y a un échelon positif dans la trace de phase mesurée en fonction de la fréquence, par conséquent:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (10)$$

où

φ_f est la phase accumulée, en degrés;

φ_m est la phase mesurée, en degrés;

n est le nombre de passages de la phase mesurée $-\pi$ pendant le mesurage de la fréquence la plus basse à la fréquence réelle f .

Le temps de propagation est calculé en appliquant l'Équation (9).

La différence des temps de propagation est calculée sous la forme de la différence entre les temps de propagation mesurés des paires individuelles.

4.7.5 Rapport d'essai

Le temps de propagation et la différence des temps de propagation sont consignés à 10 MHz. Les résultats à d'autres fréquences doivent être consignés si la spécification intermédiaire applicable l'exige.

4.7.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages du temps de propagation de référence doit être inférieure à 2,5 ns dans la plage de 0 ns à 60 ns.

L'incertitude des mesurages de la différence des temps de propagation de référence doit être inférieure à 5 ns dans la plage de 0 ns à 600 ns.

4.8 Paradiaphonie (NEXT) et puissance cumulée de paradiaphonie

4.8.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire et le signal reçu à l'extrémité proche d'une paire différente.

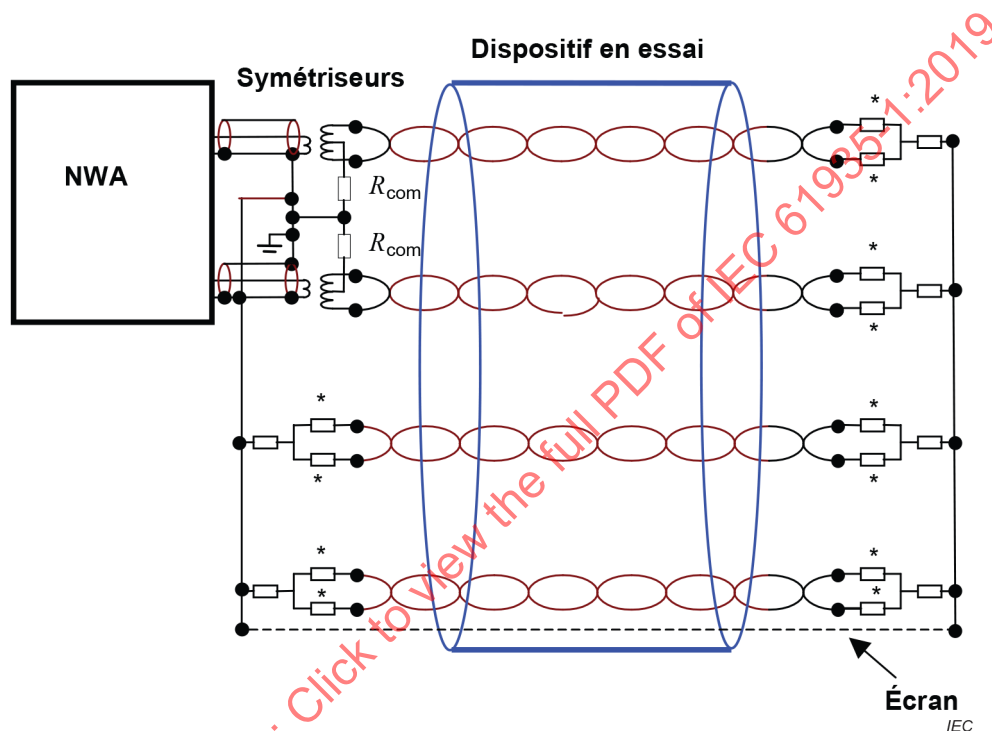
La méthode d'essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.8.2 Méthode d'essai

La paradiaphonie est mesurée en appliquant le signal à l'extrémité proche d'une paire et en mesurant le signal couplé à l'extrémité proche d'une paire différente.

4.8.3 Équipement et montage d'essai

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 7 et le dispositif en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés à la Figure 2.



Légende

NWA	analyseur de réseaux
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun
symétriseurs	symétriseurs à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 7 – Configuration d'essai de la paradiaphonie

4.8.4 Procédure

4.8.4.1 Étalonnage

Un étalonnage de transmission (S_{21}) doit être effectué au plan de référence.

La paradiaphonie résiduelle doit être déterminée en mesurant la perte d'insertion entre les accès d'essai quand les symétriseurs sont terminés par des charges à résistance selon 4.2.4. Si la paradiaphonie résiduelle se situe à moins de 30 dB de la paradiaphonie mesurée, un étalonnage de l'isolation doit alors être effectué. Le seuil de bruit doit être mesuré de la même façon. Si le seuil de bruit se situe à moins de 30 dB de la paradiaphonie mesurée, la plage dynamique doit alors être augmentée en augmentant la puissance d'essai et en diminuant la largeur de bande de mesure, selon le cas. Pour un câblage avec une paradiaphonie élevée, cette opération n'est pas toujours possible, auquel cas la valeur réelle

de la paradiaphonie résiduelle et du seuil de bruit doit être estimée dans le calcul de l'incertitude.

4.8.4.2 Mesurage

Des mesurages de paradiaphonie étalonnés du câblage doivent être effectués. Chaque combinaison de paires doit être mesurée à partir de l'extrémité proche et de l'extrémité éloignée du dispositif en essai. Pour un câblage à quatre paires, six mesurages sont effectués à chaque extrémité, ce qui donne un total de douze mesurages. Les paires doivent être terminées par des charges selon 4.2.4 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 4.2.4. Le dispositif en essai doit être terminé par un connecteur à l'extrémité éloignée avec des charges à chaque paire. Les paires qui ne sont pas utilisées dans le mesurage doivent avoir des terminaisons à l'extrémité proche. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons en mode différentiel et en mode commun (voir la Figure 7). Les écrans doivent être connectés à l'accès de terre en mode commun à chaque extrémité. Les mesurages doivent être effectués dans la plage de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence doit être conforme à 4.2.13.

4.8.4.3 Calcul

La paradiaphonie (NEXT) est calculée à partir de:

$$NEXT = NEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21,i,k}| \quad (11)$$

où

$NEXT_{i,k}$ est la paradiaphonie entre la paire perturbante i et la paire perturbée k en dB.

La puissance cumulée de paradiaphonie doit être calculée sur la base des valeurs de la paradiaphonie mesurée.

La puissance cumulée de paradiaphonie à la paire perturbée k $PSNEXT_k$ doit être calculée sur la plage de fréquences spécifiée à partir de:

$$PSNEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{\frac{-NEXT_{i,k}}{10}} \right) \quad (12)$$

où

$PSNEXT_k$ est la puissance cumulée de paradiaphonie à la paire perturbée k , en dB;

n est le nombre de paires.

4.8.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesurages de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.8.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de paradiaphonie de référence est définie comme valide à la limite d'acceptation/refus. L'exactitude de mesure doit être supérieure à 1 dB à 100 MHz, à

1,2 dB à 250 MHz, à 2 dB à 1 000 MHz et à 3 dB à 2 000 MHz. Ces valeurs d'exactitude sont valables à la fois pour le mesurage de paradiaphonie et pour le mesurage de la puissance cumulée de paradiaphonie.

NOTE Si les exigences en matière de paradiaphonie résiduelle et de seuil de bruit ne peuvent pas être atteintes, l'incertitude réelle peut être calculée et consignée (voir 4.2.12).

4.9 Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité proche (ACR-N) et à la puissance cumulée d' ACR-N

4.9.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de déterminer la contribution de la paradiaphonie et de la perte d'insertion au rapport signal sur bruit.

Cet essai s'applique aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.9.2 Méthode d'essai

La paradiaphonie et la perte d'insertion sont mesurées et le rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche (ACR-N) est calculé à partir des mesurages de la paradiaphonie et de la perte d'insertion.

4.9.3 Équipement et montage d'essai

Se référer à 4.6 et 4.8.

4.9.4 Procédure et calcul

Se référer à 4.6 et 4.8.

Le rapport ACR-N de la paire perturbée k à la paire perturbante i est calculé à partir de l'Équation (13):

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (13)$$

où

$ACRN_{i,k}$ est le rapport ACR-N pour la paire perturbante i et la paire perturbée k ;

$NEXT_{i,k}$ est le rapport de paradiaphonie pour la paire perturbante i et la paire perturbée k ;

IL_k est la perte d'insertion de la paire perturbée k .

La puissance cumulée d'ACR-N doit être calculée sur la base des valeurs mesurées de la puissance cumulée de paradiaphonie.

4.9.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesurages de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.9.6 Incertitude

L'incertitude des mesurages de l'ACR-N correspond à la somme calculée des incertitudes des mesurages de perte d'insertion et de paradiaphonie, et doit être calculée comme cela est indiqué en 4.2.11.

4.10 Télédiaphonie (FEXT) et puissance cumulée de télédiaphonie

4.10.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire et le signal reçu à l'extrémité éloignée sur une paire différente.

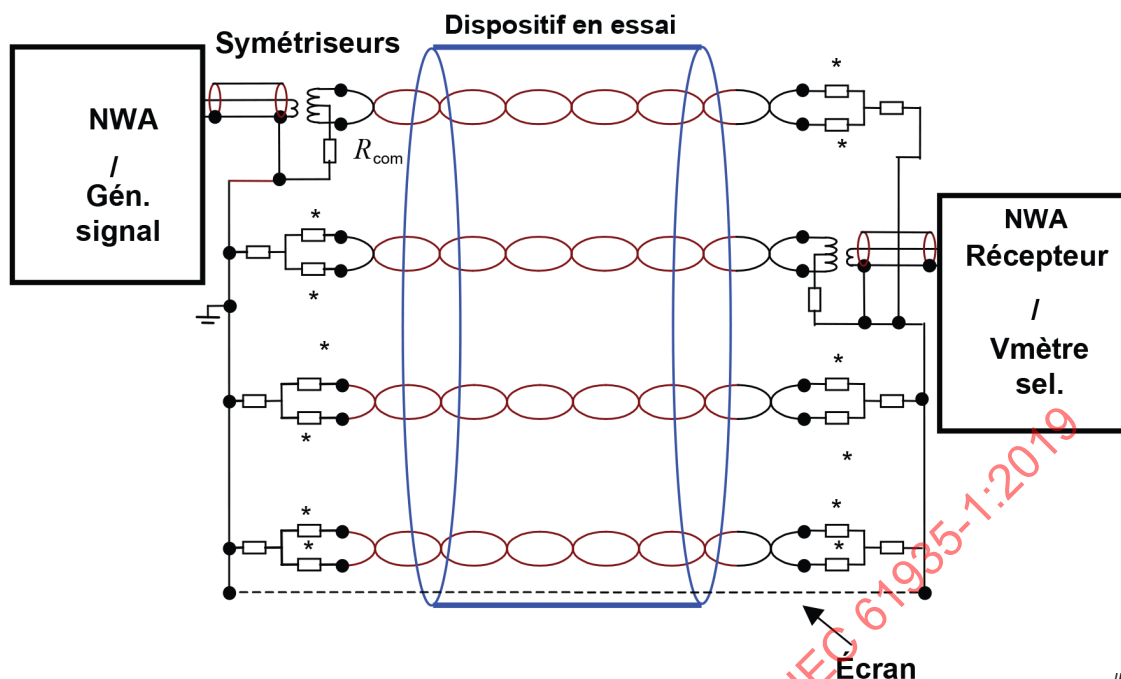
Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire. Si la télédiaphonie doit être mesurée pour des câblages installés à l'aide d'équipements de laboratoire, un générateur et un récepteur séparés doivent alors être exigés.

4.10.2 Méthode d'essai

La télédiaphonie est mesurée en appliquant le signal à l'extrémité proche d'une paire et en mesurant le signal couplé à l'extrémité éloignée d'une paire différente.

4.10.3 Équipement et montage d'essai

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 8 et le dispositif en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés à la Figure 2.



IEC

Légende

NWA / Gén. signal	générateur de signal de l'analyseur de réseaux ou générateur de signal
NWA récepteur / Vmètre sel.	récepteur de l'analyseur de réseaux ou voltmètre sélectif
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun
Symétriseurs	symétriseurs à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

NOTE Un analyseur de réseaux peut être utilisé après avoir établi qu'une connexion à la terre à l'intérieur de l'analyseur de réseaux entre la source et la charge n'affecte pas le résultat.

Figure 8 – Configuration d'essai de la télédiaphonie

4.10.4 Procédure

4.10.4.1 Étalonnage

La méthode d'étalonnage est la même que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.8.4.1).

4.10.4.2 Mesurage

Des mesurages de la télédiaphonie du câblage doivent être effectués et chaque combinaison de paires doit être mesurée. Le générateur doit être connecté à une extrémité du câblage tandis que le récepteur doit être connecté à l'autre extrémité. Il n'est pas nécessaire d'interchanger le générateur et le récepteur puisque $S_{21} = S_{12}$. Pour un câblage à quatre paires, un total de 12 mesurages est nécessaire. Les paires doivent être terminées comme cela est défini pour les mesurages de paradiaphonie. Les exigences pour la taille maximale des échelons de fréquence sont aussi les mêmes que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.2.13).

4.10.4.3 Calcul

La télédiaphonie de la paire perturbante i à la paire perturbée k est calculée à partir de:

$$FEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21i,k}| \quad (14)$$

où

$FEXT_{i,k}$ est la perte par télédiaphonie entre la paire perturbante i et la paire perturbée k en dB.

La puissance cumulée de télédiaphonie doit être calculée sur la base des valeurs de la télédiaphonie mesurée.

La puissance cumulée à la paire perturbée k doit être calculée sur la plage de fréquences spécifiée:

$$PS FEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{\frac{-FEXT_{i,k}}{10}} \right) \quad (15)$$

où

$PS FEXT_k$ est la puissance cumulée de télédiaphonie à la paire perturbée k , en dB;

n est le nombre de paires.

4.10.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.10.6 Incertitude des mesurages de télédiaphonie

Par hypothèse, l'incertitude des mesurages de télédiaphonie est considérée comme approximativement la même que dans le cas des mesurages de paradiaphonie.

4.11 Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité éloignée (ACR-F)

4.11.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de déterminer par calcul la télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) ou le rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité éloignée (ACR-F) à partir des mesurages de perte d'insertion et de télédiaphonie.

Cet essai s'applique aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

NOTE Dans l'édition 3:2009 de l'IEC 61935-1, ce paramètre était décrit comme: télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT).

4.11.2 Calcul

Le rapport ACR-F entre la paire perturbante i et la paire perturbée k est calculé à partir des expressions:

$$ACR - F_{i,k} = FEXT_{i,k} - IL_k \quad (16)$$

où

$ACR - F_{i,k}$ est la valeur calculée du rapport ACR-F entre la paire perturbante i et la paire perturbée k , en dB;

$FEXT_{i,k}$ est la perte par télédiaphonie mesurée entre la paire perturbante i et la paire perturbée k en dB;

IL_k est la perte d'insertion mesurée de la paire perturbée k , en dB.

Pour un câblage à quatre paires, il y a 12 résultats ACR-F.

Le rapport de la puissance cumulée d'ACR-F à la paire perturbée k est calculé à partir de l'expression:

$$PS\ ACR - F_k = PS\ FEXT_k - IL_k \quad (17)$$

où

$PS\ ACR - F_k$ est la valeur calculée du rapport de la puissance cumulée d'ACR-F à la paire k , en dB;

$PS\ FEXT_k$ est la puissance cumulée de télédiaphonie, en dB, de la paire perturbée k (mesurée et calculée), en dB;

IL_k est la perte d'insertion mesurée en dB de la paire perturbée k .

4.11.3 Rapport d'essai

Voir 4.9.5.

4.11.4 Incertitude

L'incertitude des mesurages de l'ACR-F correspond à la somme calculée des incertitudes des mesurages de perte d'insertion et des mesurages de télédiaphonie, et doit être calculée comme cela est indiqué en 4.2.11.

4.12 Affaiblissement de réflexion

4.12.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer l'affaiblissement de réflexion du câble équipé.

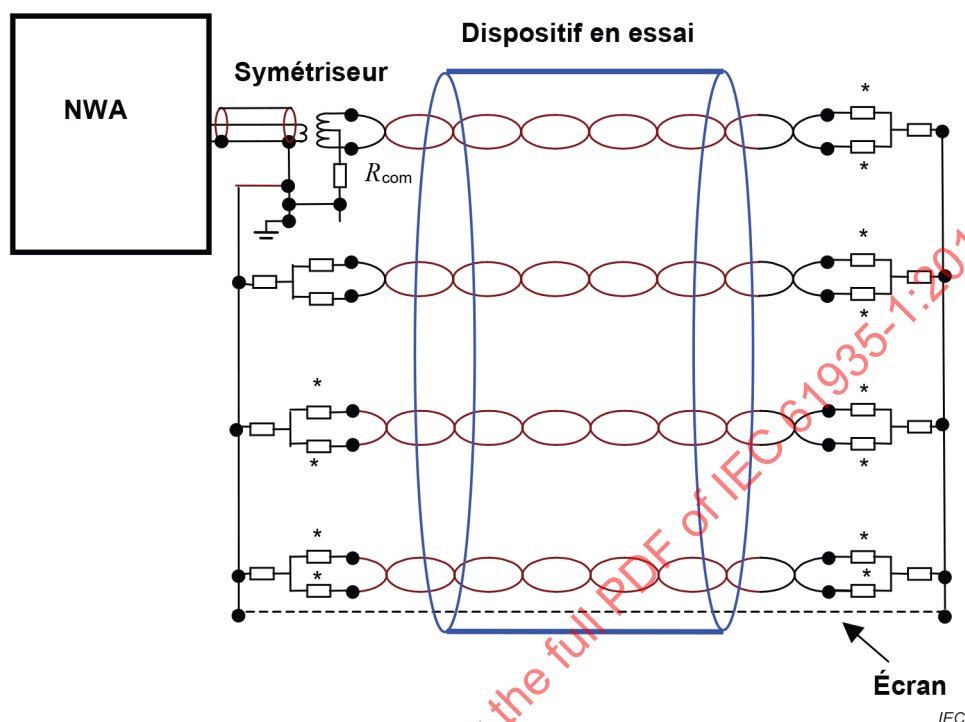
Cet essai s'applique aux câblages dans un environnement de laboratoire et pour les câblages installés.

4.12.2 Méthode d'essai

L'affaiblissement de réflexion est calculé en mesurant l'impédance d'entrée du câblage qui est terminé à l'extrémité éloignée par une charge d'impédance nominale spécifiée selon 4.2.4.

4.12.3 Équipement et montage d'essai

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 9. Le dispositif en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés à la Figure 2.



Légende

NWA	analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun (facultative dans les essais d'affaiblissement de réflexion)
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 9 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement de réflexion

4.12.4 Procédure

4.12.4.1 Étalonnage

Un étalonnage complet à un accès (S_{11}) doit être effectué au plan de référence.

4.12.4.2 Mesurage

Chaque paire doit être mesurée. L'extrémité éloignée du câblage doit être terminée par des charges selon 4.2.4, qui sont intégrées dans un connecteur qui s'accouple au connecteur de l'extrémité éloignée du câblage. Les charges doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 4.2.4. La taille de l'échelon de fréquence doit être conforme à 4.2.13. L'affaiblissement de réflexion pour les deux extrémités du câblage doit être mesuré.

4.12.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

4.12.6 Incertitude

L'incertitude est spécifiée à la limite de performances (limite d'acceptation/refus).

L'incertitude des mesurages de l'affaiblissement de réflexion ne doit pas dépasser 1 dB jusqu'à 250 MHz, 2 dB jusqu'à 1 000 MHz et 3 dB jusqu'à 2 000 MHz.

NOTE L'exactitude de la charge de référence utilisée pour l'étalonnage est la source principale d'erreurs.

4.13 Puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT – Diaphonie exogène)

4.13.1 Objectif

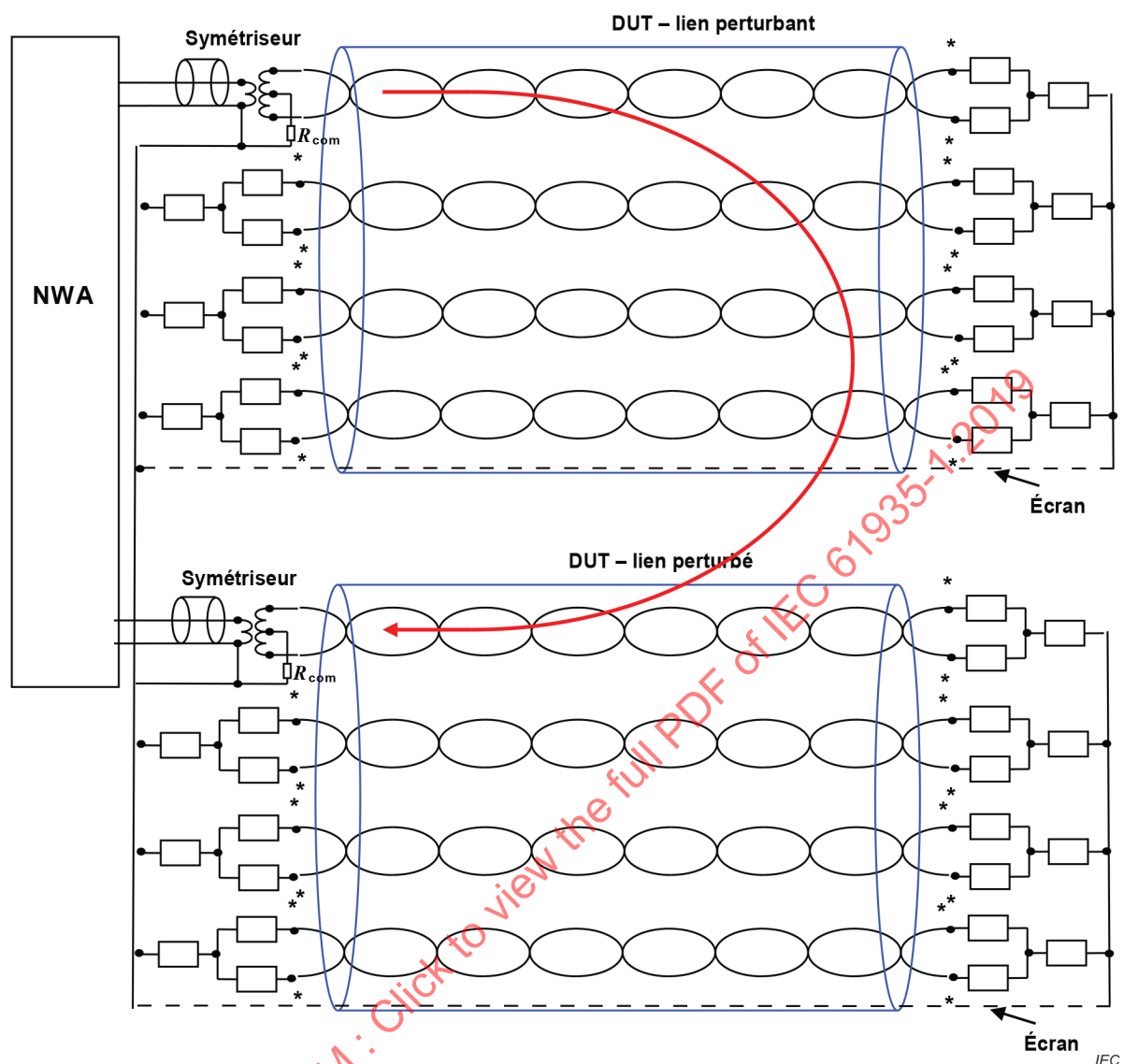
L'objectif de cet essai est de déterminer la puissance cumulée de paradiaphonie exogène du câblage. Cet essai s'applique aux câblages dans un environnement de laboratoire et pour les câblages installés. Un échantillon d'ensemble de mesure de référence en laboratoire est décrit à l'Annexe B.

4.13.2 Méthode d'essai

Les contributions en paradiaphonie exogène à une PS ANEXT globale sont mesurées en appliquant le signal à l'extrémité proche à une paire à un lien perturbant et en mesurant le signal couplé à l'extrémité proche d'une paire dans un lien perturbé. Ce processus est répété pour chaque paire dans un lien perturbant et pour tous les autres liens à proximité immédiate. La puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT) pour chaque paire dans un lien perturbé est obtenue par calcul des puissances cumulées des résultats de paradiaphonie exogène appliqués à cette paire de la part de toutes les paires dans les liens perturbants situées à proximité immédiate.

4.13.3 Équipement et montage d'essai

La configuration d'essai pour un mesurage de paradiaphonie exogène est représentée à la Figure 10. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés à la Figure 2.



Légende

DUT – lien perturbant	dispositif en essai – lien perturbant
DUT – lien perturbé	dispositif en essai – lien perturbé
NWA	analyseur de réseaux
*	résistances adaptées (appariées)
écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 10 – Mesurage de la paradiaphonie exogène (ANEXT)

4.13.4 Procédure

4.13.4.1 Étalonnage

Un étalonnage de transmission (S_{21}) doit être effectué au plan de référence.

Le seuil de bruit du mesurage peut affecter considérablement les résultats. Si le seuil de bruit se situe à moins de 30 dB de la paradiaphonie exogène mesurée, il convient alors d'augmenter la plage dynamique en augmentant la puissance d'essai et en diminuant la

largeur de bande de mesure, selon le cas. Pour un câblage avec une paradiaphonie exogène élevée, cette opération n'est pas toujours possible, auquel cas la valeur réelle du seuil de bruit doit être estimée dans le calcul d'un résultat corrigé ou de l'incertitude de mesure (voir E.2.6.6).

4.13.4.2 Mesurage

Des mesurages de paradiaphonie exogène étalonnés du câblage doivent être effectués. Pour chaque paire, la paradiaphonie exogène de chaque paire d'un lien perturbant à proximité immédiate doit être mesurée. Pour chaque lien perturbant à perturbé, il existe 16 combinaisons de paires (4 paires d'un lien perturbant sont couplées à chacune des 4 paires du lien perturbé). Par conséquent, le nombre de mesurages de diaphonie exogène à effectuer correspond à 16 fois le nombre de liens perturbants. Chaque combinaison de paires doit être mesurée à partir de l'extrémité proche et de l'extrémité éloignée du câblage en essai.

Pour la configuration d'essai en laboratoire de référence décrite à l'Annexe B, il existe un minimum de 6 canaux perturbants autour d'un seul canal perturbé. Une caractérisation complète comprend donc un minimum de deux fois 96 mesurages de paradiaphonie exogène de combinaisons de paires. Pour les stratégies d'essai d'échantillonnage des câbles installés, se reporter à E.2.7.

Les symétriseurs fournissent l'interface avec le câblage en essai. Toutes les paires du lien perturbé et du lien perturbant qui ne sont pas directement reliées aux symétriseurs doivent être terminées par des charges selon 4.2.4. Les charges doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 4.2.4. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons en mode différentiel et en mode commun; voir la Figure 10. Les résistances en mode commun des terminaisons et les écrans, le cas échéant, doivent être connectés au port de terre en mode commun à chaque extrémité. Les mesurages doivent être effectués dans la plage de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence doit être conforme à 4.2.13.

4.13.4.3 Calcul

La réponse en fréquence de la puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT) de la paire k d'un canal perturbé est calculée selon l'Équation (18).

$$PS\ ANEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-ANEXT_{k,i,j}(f)}{10}} \right) \quad (18)$$

où

- $PS\ ANEXT_k(f)$ est la valeur calculée de la puissance cumulée de paradiaphonie exogène à la paire k en fonction de la fréquence f en dB;
- f est la fréquence;
- k est le numéro de la paire perturbée (dans un canal perturbé);
- i est le numéro d'une paire perturbante (dans un canal perturbant);
- j est le numéro d'un canal perturbant;
- N est le nombre total de canaux perturbants;
- n est le nombre total de paires perturbantes (4) dans chacun des N canaux perturbants;

$ANEXT_{k,i,j}(f)$ est la réponse en fréquence de la paradiaphonie exogène couplée de la paire i du canal perturbant j à la paire k du canal perturbé, en dB.

NOTE Les paires extérieures au canal perturbé sont toutes les paires entourant le canal qui appartiennent à d'autres canaux perturbants à proximité immédiate susceptibles de perturber le canal perturbé.

La valeur moyenne de la réponse en fréquence de la puissance cumulée de paradiaphonie exogène, en dB, de toutes les paires, est calculée en moyennant les valeurs de chaque paire exprimée en dB comme dans l'Équation (19).

$$PS\ ANEXT_{moyenne}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PS\ ANEXT_k(f) \quad (19)$$

4.13.4.4 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesurages de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.13.4.5 Incertitude

L'incertitude des mesurages de la puissance cumulée de paradiaphonie exogène de référence est définie comme valide à la limite d'acceptation/refus. Les équations d'erreur comme en 6.11 s'appliquent, sauf que la contribution à l'erreur du bruit aléatoire se dégrade de 3 dB chaque fois que double le nombre de mesurages de paradiaphonie exogène inclus dans le résultat global de la puissance cumulée.

4.14 Rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène, télédiaphonie (PS AACR-F – Diaphonie exogène)

4.14.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer le rapport de l'affaiblissement des puissances cumulées à la diaphonie exogène, à l'extrémité éloignée du câble équipé. Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire et pour les câblages installés. Si la télédiaphonie doit être mesurée pour des câblages installés à l'aide d'équipements de laboratoire, un générateur et un récepteur séparés doivent alors être exigés.

Un échantillon d'ensemble de mesure de référence en laboratoire est décrit à l'Annexe B.

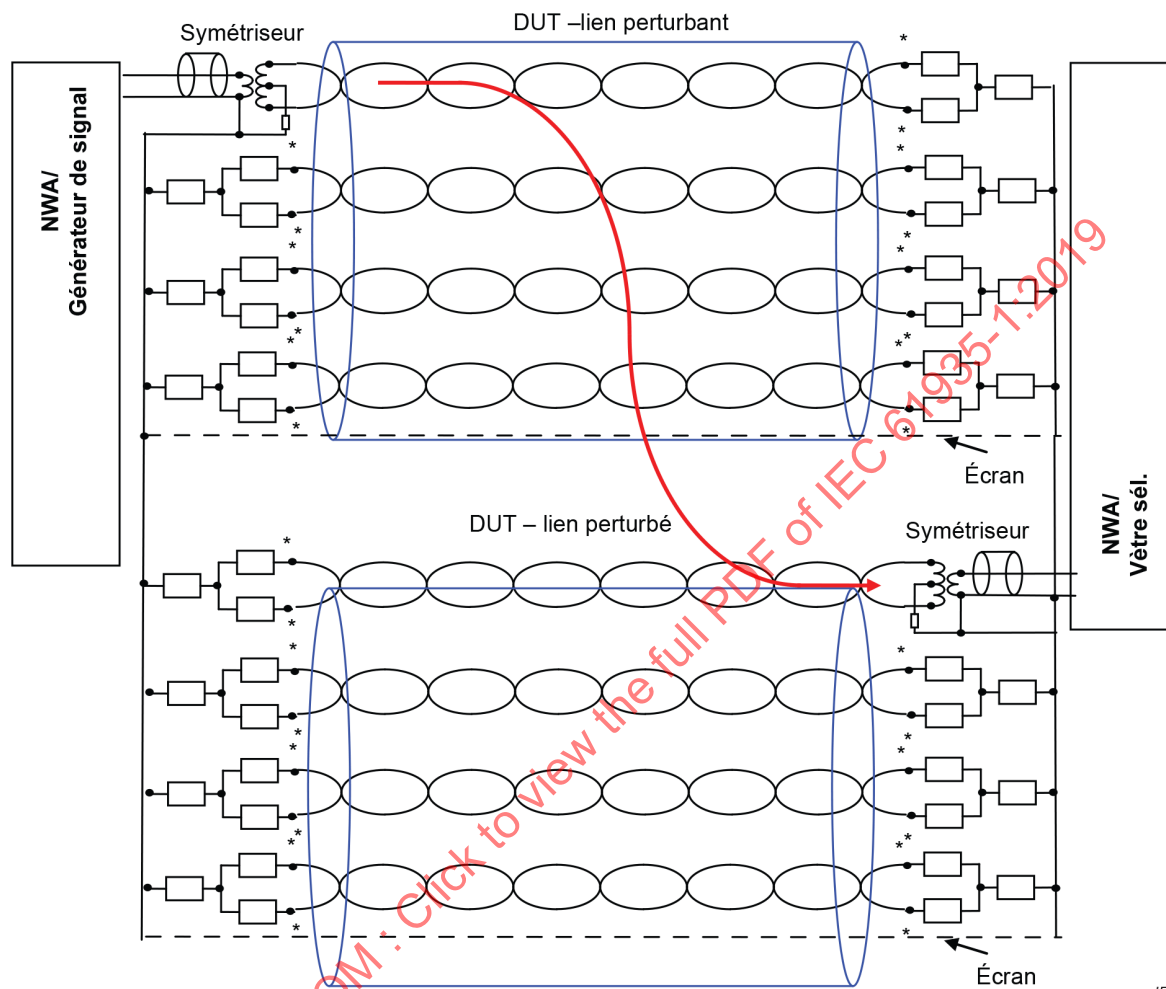
4.14.2 Méthode d'essai

Les contributions en télédiaphonie exogène à une PS AFEXT globale sont mesurées en appliquant le signal à l'extrémité proche à une paire à un canal ou un lien perturbant et en mesurant le signal couplé à l'extrémité éloignée d'une paire dans un canal ou lien perturbé. Ce processus est répété pour chaque paire dans un lien perturbant et pour tous les liens à proximité immédiate.

Une normalisation qui dépend de la longueur relative des liens perturbants et perturbés est appliquée à chaque mesurage de télédiaphonie exogène. Ensuite, la valeur de la PS AFEXT pour chaque paire dans un canal ou un lien perturbé est obtenue par calcul des puissances cumulées des résultats de télédiaphonie exogène normalisés à cette paire de toutes les paires dans des liens perturbants à proximité immédiate.

4.14.3 Équipement et montage d'essai

La configuration d'essai pour un mesurage de télédiaphonie exogène est représentée à la Figure 11. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés à la Figure 2.



IEC

Légende

DUT – lien perturbant	dispositif en essai – lien perturbant
DUT – lien perturbé	dispositif en essai – lien perturbé
NWA / Générateur de signal	générateur de signal de l'analyseur de réseaux ou générateur de signal
NWA /Vôtre sélectif	récepteur de l'analyseur de réseaux ou voltmètre sélectif
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
R_{com}	impédance en mode commun
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 11 – Mesurage de télédiaphonie exogène

Un analyseur de réseaux peut être utilisé après avoir établi qu'une connexion à la terre à l'intérieur de l'analyseur de réseaux entre la source et la charge n'affecte pas le résultat.

4.14.4 Procédure

4.14.4.1 Étalonnage

Un étalonnage de transmission (S_{21}) doit être effectué au plan de référence.

Le seuil de bruit du mesurage peut affecter considérablement les résultats. Si le seuil de bruit se situe à moins de 30 dB de la télédiaphonie exogène mesurée, il convient alors d'augmenter la plage dynamique en augmentant la puissance d'essai et en diminuant la largeur de bande de mesure, selon le cas. Pour un câblage avec une télédiaphonie exogène élevée, cette opération n'est pas toujours possible, auquel cas la valeur réelle du seuil de bruit doit être estimée dans le calcul d'un résultat corrigé ou de l'incertitude de mesure; voir E.2.6.6.

4.14.4.2 Mesurage

Des mesurages de télédiaphonie exogène étalonnés du câblage doivent être effectués et chaque combinaison de paires doit être mesurée. Le générateur doit être connecté à une extrémité du câblage tandis que le récepteur doit être connecté à l'autre extrémité. Il n'est pas nécessaire d'interchanger le générateur et le récepteur puisque $S_{21} = S_{12}$. Pour un câblage à quatre paires, un total de 12 mesurages est nécessaire. Les paires doivent être terminées comme cela est défini pour les mesurages de paradiaphonie. Les exigences pour la taille maximale des échelons de fréquence sont aussi les mêmes que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.8.4.2).

Pour chaque paire, la télédiaphonie exogène de chaque paire d'un lien perturbant à proximité immédiate doit être mesurée. Pour chaque lien perturbant à perturbé, il existe 16 combinaisons de paires (4 paires d'un lien perturbant se couplent à chacune des 4 paires du lien perturbé). Par conséquent, le nombre de mesurages de diaphonie exogène à effectuer correspond à 16 fois le nombre de liens perturbants. Chaque combinaison de paires doit être mesurée à partir de l'extrémité proche et de l'extrémité éloignée du câblage en essai.

Pour la configuration d'essai en laboratoire de référence décrite à l'Annexe B, il existe un minimum de 6 canaux perturbants autour d'un seul canal perturbé. Une caractérisation complète comprend donc un minimum de 2×96 mesurages de télédiaphonie exogène de combinaisons de paires. Pour les stratégies d'essai d'échantillonnage des câbles installés, se reporter à 5.4.8.

Les symétriseurs fournissent l'interface avec le câblage en essai. Toutes les paires du lien perturbé et du lien perturbant qui ne sont pas directement reliées aux symétriseurs doivent être terminées par des charges selon 4.2.4. Les charges doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 4.2.4. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons en mode différentiel et en mode commun, voir la Figure 11. Les résistances en mode commun des terminaisons et les écrans, le cas échéant, doivent être connectés à l'accès de terre en mode commun à chaque extrémité. Les mesurages doivent être effectués dans la plage de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence doit être conforme à 4.2.13.

4.14.4.3 Calcul de PS AACR-F à partir de mesurages de la télédiaphonie exogène et de la perte d'insertion

Les valeurs mesurées de la télédiaphonie exogène d'une paire k dans un lien perturbé du lien perturbant j doivent être normalisées par la différence des pertes d'insertion des liens perturbants et perturbés et un terme d'échelle de longueur comme dans les Équations (20) et (21).

Si $IL_k(f) - IL_{i,j}(f) > 0$, alors:

$$AFEXT_{\text{norm}k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) + IL_k(f) - IL_{i,j}(f) - 10 \log \left(\frac{IL_k(f)}{IL_{i,j}(f)} \right) \quad (20)$$

Autrement

$$AFEXT_{\text{norm}k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) \quad (21)$$

où

- f est la fréquence;
- k est le numéro de la paire perturbée dans un lien perturbé;
- i est le numéro d'une paire perturbante dans un lien perturbant;
- j est le numéro d'un lien perturbant;
- $AFEXT_{k,i,j}(f)$ est la réponse en fréquence de la télédiaphonie exogène mesurée, en dB, à la paire k du lien perturbé de la paire i dans le lien perturbant j .
- $IL_k(f)$ est la réponse en fréquence mesurée de la perte d'insertion en dB de la paire k du lien perturbé. Dans la pratique, la réponse moyenne en dB de toutes les paires peut être utilisée. Dans le rapport à $IL_{i,j}(f)$, la perte d'insertion moyenne à 250 MHz peut être utilisée.
- $IL_{i,j}(f)$ est la réponse en fréquence mesurée de la perte d'insertion en dB de la paire i du lien perturbant j . Dans la pratique, la réponse moyenne en dB de toutes les paires peut être utilisée. Dans le rapport relatif à $IL_k(f)$, la perte d'insertion moyenne à 250 MHz peut être utilisée.

Pour les câblages écrantés satisfaisant aux exigences d'affaiblissement de couplage indiquées dans l'ISO/IEC 11801-1, le résultat de l'Équation (25) doit être utilisé dans tous les cas.

La réponse en fréquence de la puissance cumulée de FEXT exogène de la paire k $PSAFEXT_k(f)$ d'un canal perturbé est calculée selon l'Équation (22).

$$PSAFEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-AFEXT_{\text{norm}k,i,j}(f)}{10}} \right) \quad (22)$$

où

- n est le nombre de paires dans le canal perturbant j ;
- N est le nombre total de canaux perturbants.

La réponse en fréquence de la puissance cumulée de AACR-F à la paire perturbée k en dB de la paire k d'un lien perturbé est calculée selon l'Équation (23).

$$PSAACRF_k(f) = PSAFEXT_k(f) - IL_{\text{moyenne}}(f) \quad (23)$$

où

$PS_{AACRF_k}(f)$ est la valeur calculée de la puissance cumulée de AACR-F à la paire k en dB;
 f est la fréquence;
 k est le numéro de la paire perturbée;
 $IL_{moyenne}(f)$ est la réponse en fréquence de la perte d'insertion moyenne de toutes les paires, exprimée en dB.

Lorsqu'elle est exigée, elle doit être mesurée selon 4.6.

La réponse en fréquence de la perte d'insertion moyenne est calculée selon l'Équation (24).

$$IL_{moyenne}(f) = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 IL_n(f) \quad (24)$$

NOTE Les paires extérieures au canal perturbé sont toutes les paires entourant le canal qui appartiennent à d'autres canaux perturbants à proximité immédiate susceptibles de perturber le canal perturbé.

La réponse en fréquence de la puissance cumulée moyenne de télédiaphonie exogène de toutes les paires est calculée en moyennant les valeurs de chaque paire exprimée en dB comme dans l'Équation (25).

$$PS_{AFEXT_{moyenne}}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PS_{AFEXT_k}(f) \quad (25)$$

La réponse en fréquence de la puissance cumulée moyenne de AACR-F en dB est calculée selon l'Équation (26):

$$PS_{AACRF_{moyenne}}(f) = PS_{AFEXT_{moyenne}}(f) - IL_{moyenne}(f) \quad (26)$$

où

$PS_{AACRF_{moyenne}}(f)$ est la valeur moyenne calculée de la puissance cumulée de PS AACR-F, en dB.

4.14.4.4 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesurages de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.14.4.5 Incertitude

L'incertitude des mesurages de la puissance cumulée de AACR-F de référence est définie comme valide à la limite d'acceptation/refus. Les équations d'erreur comme en 6.11.7 s'appliquent, sauf que la contribution à l'erreur du bruit aléatoire se dégrade de 3 dB chaque fois que double le nombre de mesurages de télédiaphonie exogène inclus dans le résultat global de la puissance cumulée.

4.15 Affaiblissement asymétrique, à l'extrémité proche

4.15.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche du câble équipé. Ce paramètre est le même que l'affaiblissement de transfert de conversion (TCL, transfer conversion loss) et l'affaiblissement de conversion longitudinale (LCL, longitudinal conversion loss).

Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire. Pour la vérification par essai de l'affaiblissement asymétrique dans le cas des câblages installés, voir l'IEC 61935-1-13.

4.15.2 Méthode d'essai

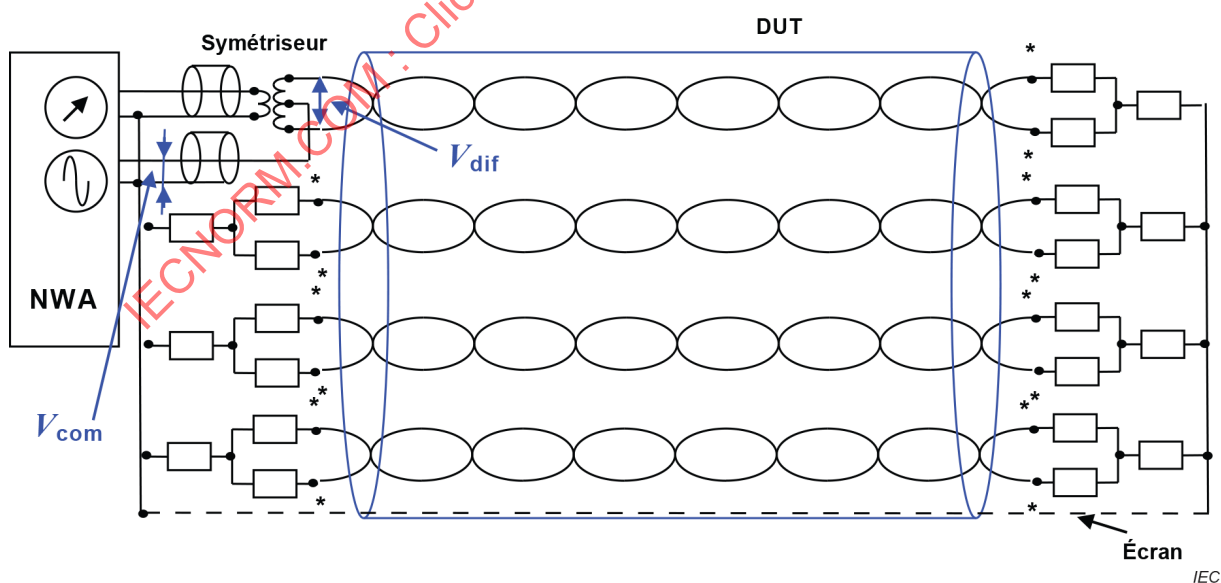
L'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche ou TCL est mesuré en calculant le rapport de la puissance en mode différentiel à la puissance en mode commun sur une paire dans un système de câblage qui fonctionne à la puissance en mode différentiel seulement.

La tension en mode différentiel V_{dif} et la tension en mode commun V_{com} sont représentées à la Figure 12.

4.15.3 Équipement et montage d'essai

La configuration d'essai utilisant des symétriseurs dans le mesurage est décrite de façon détaillée. Les analyseurs de réseaux à plusieurs accès peuvent fournir des mesurages des tensions de nœud qui sont toutes référencées au zéro de référence de mesure. Cette situation évite l'utilisation de symétriseurs et peut fournir une exactitude plus élevée de mesure de l'affaiblissement asymétrique aux hautes fréquences.

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent; voir 4.2. La configuration d'essai est représentée à la Figure 12. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés en 4.2.6.



Légende

DUT dispositif en essai

³ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC/FDIS 61935-1-1:2019.

NWA	analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique
V_{dif}	tension en mode différentiel
V_{com}	tension en mode commun

Figure 12 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche

4.15.4 Procédure

4.15.4.1 Étalonnage

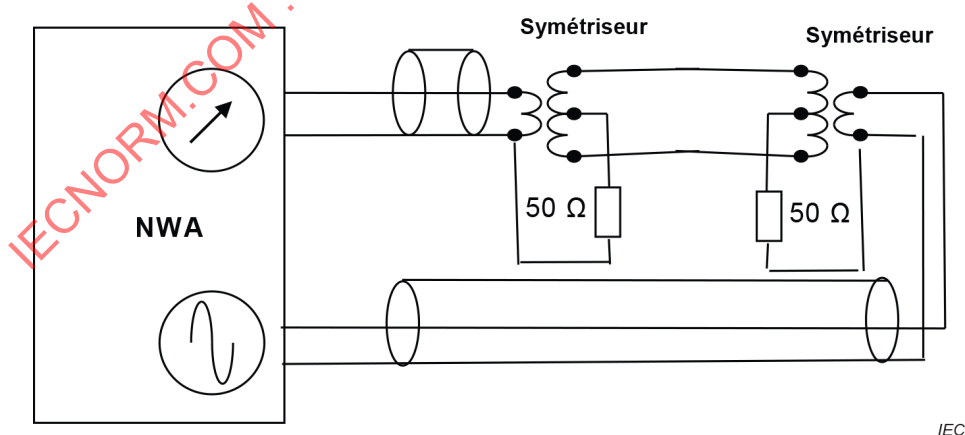
Avec un montage d'essai de référence établi sur un symétriseur, l'étalonnage TCL est réalisé selon les quatre étapes suivantes:

Étape 1.

Les conducteurs coaxiaux d'essai fixés à l'analyseur de réseaux sont étalonnés en effectuant des mesures au point de terminaison au symétriseur.

Étape 2.

La perte d'insertion des signaux différentiels du symétriseur est mesurée en reliant deux symétriseurs identiques dos à dos avec une longueur de conducteur minimale telle que représentée à la Figure 13. Noter que les symétriseurs sont placés de manière à conserver la polarité et qu'ils sont collés (solidement fixés, par exemple attachés) à un plan de masse. Les embases coaxiales pour les signaux en mode commun sont terminées par $50\ \Omega$. La valeur mesurée de la perte d'insertion entre les embases coaxiales pour les signaux différentiels est divisée par 2 pour obtenir une valeur approchée de la perte d'insertion d'un symétriseur pour un signal en mode différentiel. La valeur calculée de la perte d'insertion en mode différentiel est consignée comme $IL_{\text{bal,DM}}$.



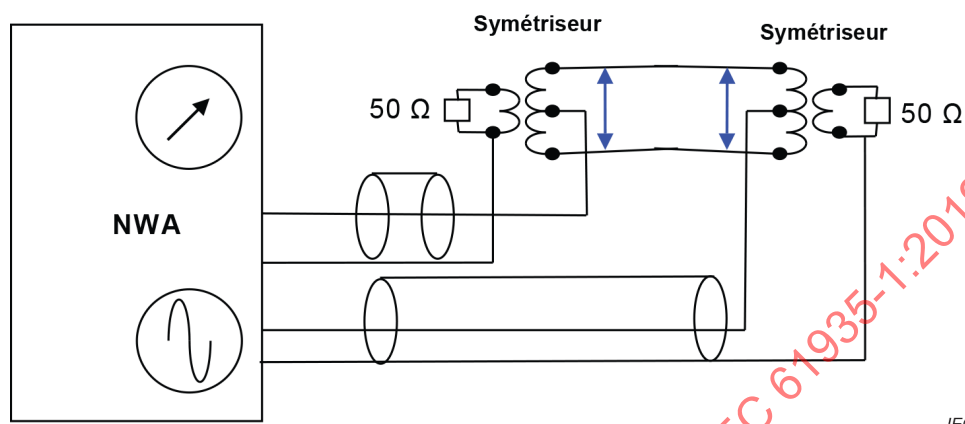
Légende

NWA	analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 13 – Mesurage de la perte d'insertion en mode différentiel de symétriseurs dos à dos

Étape 3.

La perte d'insertion des signaux en mode commun du symétriseur d'essai est mesurée comme cela est représenté à la Figure 14. Les embases coaxiales pour les signaux différentiels sont terminées par $50\ \Omega$. La valeur mesurée de la perte d'insertion entre les embases coaxiales pour les signaux en mode commun est divisée par 2 pour obtenir une valeur approchée de la perte d'insertion d'un symétriseur pour un signal en mode commun. La valeur calculée de la perte d'insertion en mode commun est consignée comme $IL_{bal,CM}$.



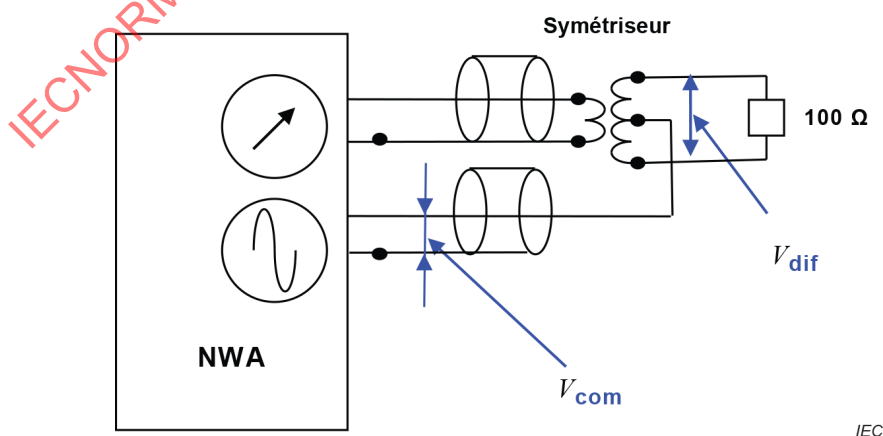
Légende

NWA analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
symétriseur symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 14 – Mesurage de la perte d'insertion en mode commun de symétriseurs dos à dos

Étape 4.

Une étape de réalisation de la mesure de TCL doit être exécutée sur le symétriseur de mesure lui-même en terminant l'accès différentiel du symétriseur par une résistance de puce à fréquences radioélectriques de $100\ \Omega$. Voir la Figure 15. Si l'affaiblissement asymétrique interne correspond à un seuil maximal de 6 dB par rapport à la limite d'acceptation/refus de l'essai asymétrique, la réalisation de la mesure de TCL est alors inadéquate et un appareil de mesure de plus haute performance doit être utilisé. La méthode de calcul de TCL est indiquée en 4.15.4.2.



Légende

NWA analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
Symétriseur symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique
 V_{dif} tension en mode différentiel

V_{com} tension en mode commun

Figure 15 – Essai de performance asymétrique du symétriseur de mesure

Lorsque d'autres types d'équipements d'essai sont utilisés, par exemple équipements sans symétriseur, il convient d'appliquer d'autres techniques d'étalonnage.

4.15.4.2 Mesurage avec symétriseur

Chaque paire doit être mesurée à partir de chaque extrémité du dispositif en essai. L'extrémité éloignée du câblage doit être terminée par des charges selon 4.2.4, qui sont intégrées dans un connecteur qui s'accouple au connecteur de l'extrémité éloignée du câblage. Les paires aux extrémités proches qui ne sont pas en essai doivent être terminées soit par des charges à résistance selon 4.2.4, soit par des terminaisons de symétriseur (les connecteurs asymétriques et en mode commun sur le symétriseur doivent être terminés par des charges coaxiales de 50 Ω). La terminaison des paires qui ne sont pas en essai fournit un chemin de retour pour le signal en mode commun pour les systèmes non écrantés. Pour les systèmes écrantés, l'écran fournit ce chemin également.

L'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche (ou TCL) est calculé par l'Équation (27):

$$TCL = IL_{meas,TCL} - IL_{bal,DM} - IL_{bal,CM} \quad (27)$$

où

TCL est la valeur calculée de l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche, en dB;

$IL_{meas,TCL}$ est la perte mesurée (S_{21}), en dB;

$IL_{bal,DM}$ est la perte d'insertion de symétriseur pour les signaux en mode différentiel, en dB;

$IL_{bal,CM}$ est la perte d'insertion de symétriseur pour les signaux en mode commun, en dB.

4.15.4.3 Mesurage sans symétriseur

Pour les mesurages sans symétriseur, se reporter à l'IEC TR 61156-1-2:2009/AMD1:2014.

4.15.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

4.15.6 Incertitude

L'incertitude dépend de la différence entre le résultat mesuré et l'affaiblissement asymétrique interne du symétriseur (les autres contributions à l'incertitude sont négligées). Voir le Tableau 3.

Tableau 3 – Incertitude estimée de mesure asymétrique à l'extrémité proche

Différence entre l'affaiblissement asymétrique mesuré et l'affaiblissement asymétrique du symétriseur seul	Incertitude estimée
30 dB	0,3 dB
20 dB	0,8 dB
10 dB	2,4 dB
6 dB	3,5 dB

4.16 Affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée

4.16.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de mesurer l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée du câble équipé. Ce paramètre mesuré est utilisé pour calculer l'affaiblissement de transfert de conversion transversale de niveau égal (ELTCTL) à partir de la valeur mesurée de l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée et de la perte d'insertion de la paire en essai. Les exigences relatives à l'ELTCTL sont spécifiées dans des normes de câblage.

Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire. Pour la vérification par essai de l'affaiblissement asymétrique dans le cas des câblages installés, voir l'IEC 61935-1-1.

4.16.2 Méthode d'essai

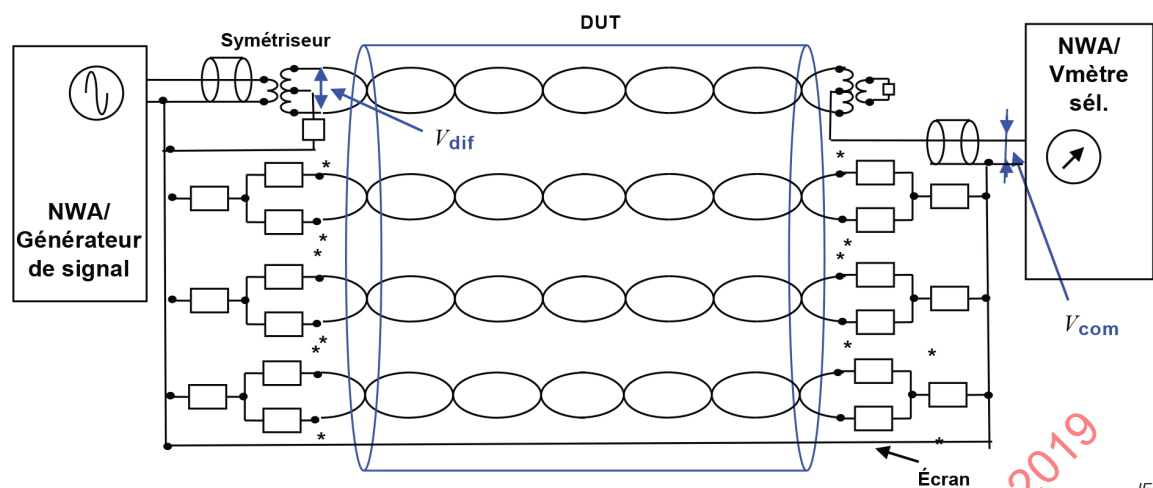
L'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée ou ELTCL est mesuré en calculant le rapport de la puissance en mode différentiel à la puissance en mode commun sur un système de câblage qui fonctionne à la puissance en mode différentiel seulement. Cette valeur est le TCTL. La valeur ELTCTL est obtenue en soustrayant la valeur de la perte d'insertion du DUT à la valeur de TCTL. Le calcul est fondé sur le rapport mesuré entre les tensions en mode différentiel et en mode commun.

4.16.3 Équipement et montage d'essai

Si les deux extrémités du DUT sont proches l'une de l'autre, un analyseur de réseaux peut être utilisé pour le mesurage de l'affaiblissement TCTL. Si les extrémités du DUT ne sont pas proches l'une de l'autre, ce qui est courant pour le câblage installé, un générateur de signal et un voltmètre RF sélectif sont utilisés.

La configuration d'essai utilisant des symétriseurs dans le mesurage est décrite de façon détaillée. Les analyseurs de réseaux à plusieurs accès peuvent fournir des mesurages des tensions de nœud qui sont toutes référencées au zéro de référence de mesure. Cette situation évite l'utilisation de symétriseurs et peut fournir une exactitude plus élevée de mesure de l'affaiblissement asymétrique aux hautes fréquences.

Les exigences générales relatives aux instruments de mesure s'appliquent; voir 4.2. La configuration d'essai est représentée à la Figure 16. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence représentés en 4.2.6.



IEC

Légende

DUT	dispositif en essai
NWA/Générateur de signal	analyseur de réseaux avec unité d'essai du paramètre S, accès signal ou un générateur de signal
NWA/Vmètre sélectif	analyseur de réseaux avec unité d'essai du paramètre S, accès charge ou un voltmètre RF sélectif
*	résistances adaptées (appariées)
Écran	écran (le cas échéant)
Symétriseur	symétriseur à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique
V_{dif}	tension en mode différentiel
V_{com}	tension en mode commun

Figure 16 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée

4.16.4 Procédure

4.16.4.1 Étalonnage

L'étalonnage pour les mesures de TCTL doit suivre la procédure indiquée en 4.15.4.1 pour les deux symétriseurs utilisés dans le mesurage, et il convient de consigner les valeurs d'étalonnage comme $IL_{bal,DM1}$, $IL_{bal,DM2}$, $IL_{bal,CM1}$, et $IL_{bal,CM2}$.

4.16.4.2 Mesurage

Chaque paire doit être mesurée à partir des deux extrémités du câblage. Deux extrémités de la même paire de DUT doivent être reliées aux bornes différentielles des symétriseurs d'essai comme cela est représenté à la Figure 16. Le signal d'essai doit être appliqué à l'entrée asymétrique du symétriseur reliée à l'extrémité d'entrée de la paire en essai. L'accès en mode commun des bornes de sortie symétrique à l'extrémité d'entrée doit être terminé par une charge coaxiale de 50 Ω . Le signal à mesurer est à la borne en mode commun du symétriseur qui est reliée à l'extrémité de sortie de la paire en essai. La borne de sortie asymétrique du symétriseur à l'extrémité éloignée doit être terminée par une résistance de charge coaxiale de 50 Ω . Toutes les paires non utilisées aux deux extrémités du DUT doivent être terminées par des terminaisons à résistance de 100 Ω en mode différentiel et de 50 Ω en mode commun selon 4.2.4. Il doit y avoir une masse commune à chaque extrémité. Si un analyseur de réseaux est utilisé, les masses des deux extrémités du DUT doivent être fermement reliées au même plan de masse. La terminaison des paires qui ne sont pas en essai fournit un chemin de retour pour le signal en mode commun pour les systèmes non écrantés. Pour les systèmes écrantés, l'écran fournit ce chemin également.

L'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée (ou TCTL) est calculé par l'Équation (28).

$$TCTL = IL_{\text{meas},TCTL} - IL_{\text{bal},DM1} - IL_{\text{bal},CM2} \quad (28)$$

où

$TCTL$ est la valeur calculée de TCTL, en dB;

$IL_{\text{meas},TCTL}$ est la perte mesurée (S_{21}), en dB;

$IL_{\text{bal},DM1}$ est la perte d'insertion du symétriseur d'entrée pour les signaux en mode différentiel, en dB;

$IL_{\text{bal},CM2}$ est la perte d'insertion du symétriseur de sortie pour les signaux en mode commun, en dB.

La valeur ELTCTL est calculée par l'Équation (29).

$$ELTCTL = TCTL - IL_{\text{DUT}} \quad (29)$$

où

$ELTCTL$ est la valeur calculée de ELTCTL, en dB;

IL_{DUT} est la perte d'insertion mesurée du dispositif en essai.

4.16.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification indiquées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

4.16.6 Incertitude

L'incertitude dépend de la différence entre le résultat mesuré et l'affaiblissement asymétrique interne des symétriseurs (les autres contributions à l'incertitude sont négligées). Voir le Tableau 4.

Tableau 4 – Incertitude estimée de mesure asymétrique à l'extrémité éloignée

Différence entre l'affaiblissement asymétrique mesuré et l'affaiblissement asymétrique du symétriseur	Incertainitude estimée
30 dB	0,3 dB
20 dB	0,8 dB
10 dB	2,4 dB
6 dB	3,5 dB

4.17 Affaiblissement de couplage

Les mesurages d'affaiblissement de couplage doivent être réalisés conformément à l'IEC 62153-4-9 ou à l'IEC 62153-4-11 dans l'environnement de laboratoire et à l'IEC 62153-4-14 dans l'environnement sur site.

5 Exigences concernant les mesurages d'essai sur site pour les propriétés électriques

5.1 Remarque préliminaire

L'Article 5 s'applique aux spécifications concernant les essais sur site pour les mesurages, subséquents à l'installation, des performances de câblages installés, conçus conformément à l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

Les informations contenues dans l'Article 5 utilisent les liens et canaux définis dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent) et spécifient les paramètres pour les contrôleurs sur site, ainsi que les méthodes d'essai et les interprétations des résultats d'essai, apportant une solution pratique aux problèmes liés aux essais sur site. Les classes de liens de câblages à paires torsadées dont il est fait mention ici correspondent à celles décrites dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

Les équipements d'essai sur site sont classés par niveaux de performances. Actuellement, les niveaux I, II, IIE, III, IIIE, IV, V et VI sont utilisés dans l'industrie. L'Article 5 spécifie les exigences relatives aux équipements d'essai sur site utilisés pour vérifier les câblages des classes D, E, E_A, F et F_A I et II comme cela est défini dans l'ISO/IEC 11801-1.

- Les équipements d'essai de niveau IIE ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages de la classe D.
- Les équipements d'essai de niveau III ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages de la classe E.
- Les équipements d'essai de niveau IIIE ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages de la classe E_A.
- Les équipements d'essai de niveau IV ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages de la classe F.
- Les équipements d'essai de niveau V ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages de la classe F_A.
- Les équipements d'essai de niveau VI ou supérieur sont exigés pour les essais des câblages des classes I et II.

L'Article 5 spécifie de façon détaillée les caractéristiques électriques des équipements d'essai sur site et les méthodes d'essai. Les caractéristiques de ces équipements nécessaires pour les mesurages de fréquence balayés/échelonnés sont décrites afin d'assurer que les mesurages sont cohérents et exacts. D'autres méthodes faisant appel à des techniques de mesure du domaine fréquentiel ou du domaine temporel qui démontrent leur équivalence avec les exigences énoncées à l'Article 5 sont acceptables. Les méthodes utilisées pour comparer les résultats consignés par les équipements d'essai sur site et ceux obtenus à l'aide des méthodes de laboratoire sont également décrites.

Il est conseillé aux utilisateurs du présent document de consulter les normes d'application et de s'informer auprès des fabricants des équipements et des intégrateurs de systèmes afin de déterminer si ces exigences conviennent pour des applications spécifiques en réseau.

5.2 Configurations de câblage soumises à l'essai

Les configurations d'essai de câblage sont décrites en 4.2.6.

5.3 Paramètres des essais sur site

5.3.1 Généralités

Le présent document spécifie les paramètres et exigences de mesure des essais sur site suivants:

- contrôle de la qualité d'exécution et essais de connectivité;
- temps de propagation;
- différence des temps de propagation;
- longueur (qui n'est pas un paramètre d'exigence d'acceptation/refus conformément à l'ISO/IEC 11801-1);
- perte d'insertion;
- perte par paradiaphonie (NEXT);
- puissance cumulée de la paradiaphonie;
- rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche (ACR-N);
- puissance cumulée d'ACR-N (PS ACR-N);
- rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité éloignée (ACR-F);
- rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité éloignée (PSACR-F), puissance cumulée;
- affaiblissement de réflexion;
- résistance de boucle en courant continu;
- puissance cumulée de NEXT exogène (PS ANEXT);
- rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène à l'extrémité éloignée (PS AACR-F).

D'autres paramètres peuvent être soumis à l'essai sur site comme cela est spécifié par l'accord d'installation (tel que celui spécifié dans l'ISO/IEC 14763-1). Ils ne sont toutefois pas traités par le présent document.

Se référer à l'Annexe C pour des informations générales sur les performances de puissance cumulée de diaphonie exogène des installations.

5.3.2 Paramètres facultatifs des essais sur site

Les paramètres suivants de mesure des essais sur site sont définis comme facultatifs par l'ISO/IEC 11801-1 et les exigences concernant la vérification par essai sur site de leur mesurage sont spécifiées selon le Tableau 5.

Tableau 5 – Exigences de mesure des paramètres facultatifs des essais sur site

Paramètre de mesure	Exigence spécifiée par
TCL ELTCTL	IEC 61935-1-1
Asymétrie de résistance Asymétrie de résistance entre les paires	IEC 61935-1-2
Affaiblissement de couplage	IEC 62153-4-14

5.3.3 Contrôle de la qualité d'exécution et essais de connectivité

5.3.3.1 Contrôle visuel

Le contrôle visuel des câbles installés s'effectue en observant si:

- l'état, la qualité d'exécution et la finition sont satisfaisants;
- le marquage est lisible;
- l'absence de dommage mécanique est réelle et s'il n'y a pas de mouvement ni de déplacement intempestif des pièces;

- les matériaux ou les finitions ne présentent pas d'écaillages.

L'examen peut en général être effectué sans aucun grossissement.

5.3.3.2 Table de correspondance des fils

Un essai sur table de correspondance des conducteurs est destiné à vérifier que la terminaison de la broche à chaque extrémité est correcte et à rechercher les erreurs de connectivité dans l'installation. Pour chacun des conducteurs du câble et pour le ou les écrans éventuels, la table de correspondance des conducteurs indique

- la continuité jusqu'à l'extrémité distante;
- les courts-circuits entre deux conducteurs/écran(s) ou plus;
- les paires transposées;
- les paires inversées;
- les paires divisées;
- les autres erreurs de connexion éventuelles.

Une connectivité correcte des sorties/connecteurs de télécommunications est définie dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent) et est illustrée à la Figure 17 (pour les câbles à quatre paires).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

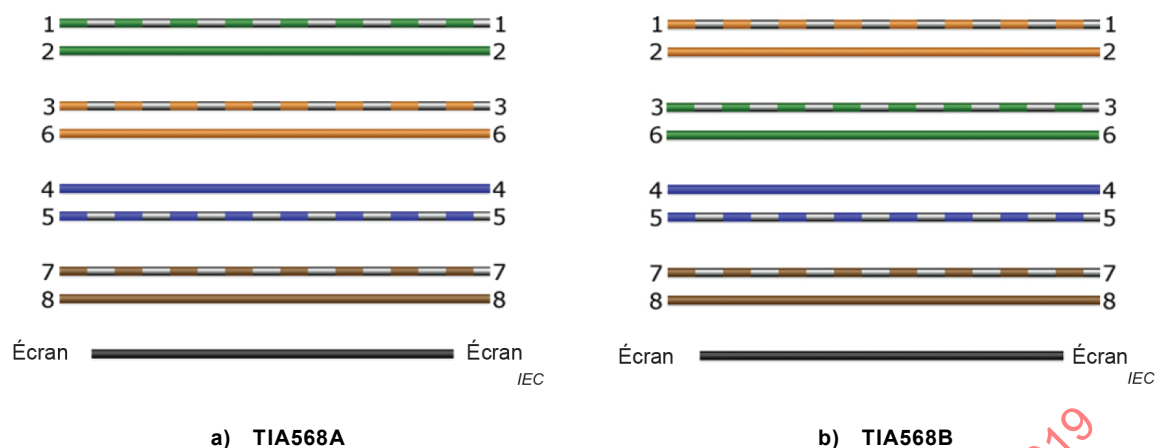


Figure 17 – Formation correcte des paires

Une paire inversée se produit quand la polarité d'une paire est inversée à une extrémité du lien (appelée aussi "inversion Pointe/Nuque"). Voir la Figure 18a pour une illustration d'une paire inversée.

Une paire transposée se produit lorsque les deux conducteurs d'une paire sont connectés à la position d'une paire différente à la connexion distante. Voir la Figure 18b pour une illustration de paires transposées.

NOTE Les paires transposées sont parfois désignées sous le terme "paires croisées".

Les paires divisées se produisent lorsque la continuité entre broches est maintenue alors que les paires physiques sont séparées. Voir la Figure 18c pour une illustration de paires divisées.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

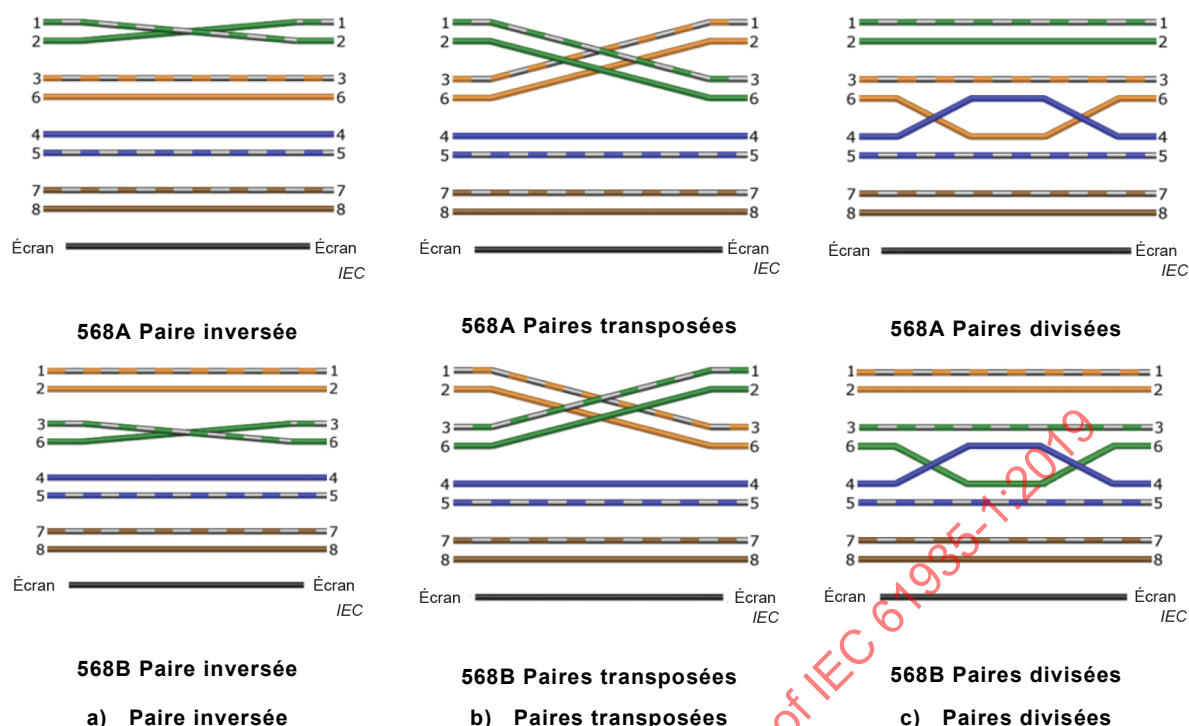


Figure 18 – Formation incorrecte des paires

Pour les contrôleurs de niveau VI, il est considéré que la continuité de l'écran est mesurée le long du chemin du câblage.

Les essais sur les tables de correspondance des fils doivent indiquer la mention "accepté" si le câblage est reconnu correct.

5.3.4 Temps de propagation et différence des temps de propagation

Le temps de propagation et la différence des temps de propagation peuvent être déterminés à partir de mesurages d'angles de phase et dépendent de la fréquence. Pour les essais sur site, le temps de propagation à 10 MHz doit être consigné. L'équipement d'essai sur site doit pouvoir mesurer le temps de propagation sur chaque paire. Les limites d'essai pour les configurations du canal et du lien doivent être celles spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

5.3.5 Longueur

La longueur ne constitue pas une exigence pour l'acceptation ou le refus conformément à l'ISO/IEC 11801.

La longueur physique du canal et du lien est définie comme la somme totale de la longueur physique du câblage entre les plans de référence définis. La longueur physique peut être déterminée en mesurant les longueurs des composants qui constituent le câblage. La longueur des segments de câbles peut être déterminée, le cas échéant, à partir des marquages de longueur sur les câbles. Il convient toutefois de prendre en considération l'exactitude des marquages longueur.

Les longueurs peuvent également être estimées à partir du mesurage de la longueur électrique. La longueur électrique est déduite du temps de propagation des signaux et dépend de l'hélice de torsade et du matériau diélectrique.

L'étalonnage de la vitesse nominale de propagation (VNP) est déterminant pour l'exactitude des mesurages de la longueur lors de l'estimation de cette longueur à partir de méthodes soit du domaine fréquentiel soit du domaine temporel. La VNP fait référence à la vitesse de propagation du signal dans la paire. Elle s'exprime de façon générale comme une fraction de la vitesse de la lumière dans le vide, par exemple 0,67 c. Une VNP mal réglée est la cause la plus courante de l'inexactitude de mesure de longueurs avec les équipements d'essai sur site. La VNP pour un câble donné dépend de sa conception.

La VNP peut varier largement entre différents modèles de câbles et dépend également de la fréquence. À 1 MHz, la VNP peut être jusqu'à 5 % inférieure à la VNP à 100 MHz

Il incombe à l'utilisateur de vérifier que la VNP du câble correspond au réglage des contrôleurs sur site. Les équipements d'essai sur site doivent permettre la fonction "étalonnage VNP". La VNP dans un échantillon de câble se détermine comme suit:

- a) mesurer physiquement la longueur de l'échantillon de câble en utilisant un échantillon. Il convient que la longueur de cet échantillon soit d'au moins 30 m. Une exactitude plus grande dans la détermination de la VNP est obtenue en utilisant des longueurs plus importantes. Par exemple, si la résolution de mesure est de 1 m, la meilleure exactitude de la VNP prévisible pour un câble de 25 m est de 1/25 ou 4 %;
- b) régler l'équipement d'essai sur site en mode "étalonnage VNP". Entrer la distance mesurée dans le contrôleur. La VNP en tant que fraction de la vitesse de la lumière est calculée comme suit, en utilisant les unités de longueur appropriées:

$$VNP = \frac{\text{Longueur physique}}{\text{Temps de propagation mesuré} \times \text{Vitesse de la lumière dans le vide}} \quad (30)$$

où la vitesse de la lumière dans le vide est de 3×10^8 m/s.

Utiliser cette VNP pour les mesurages de longueur ultérieurs sur un câble du même rouleau.

La VNP est étalonnée sur la paire ayant la plus grande longueur de torsade. Il s'agit de la paire qui présente le retard électrique le plus court. Il peut exister un écart allant jusqu'à 5 % dans la VNP par paire entre différentes paires dans la même gaine. Ce phénomène, ainsi que les rapports de torsade qui varient, expliquent pourquoi différentes paires dans la même gaine semblent avoir des longueurs différentes.

Pour une évaluation des longueurs, le contrôleur sur site doit utiliser la longueur mesurée de la même paire pour laquelle la VNP a été étalonnée.

5.3.6 Perte d'insertion

La perte d'insertion peut être déduite des mesurages de tension/fréquence balayés/échelonnés. Un signal différentiel d'entrée symétrique est appliqué à une paire à l'extrémité proche du lien tandis que le signal différentiel sur la même paire est mesuré à l'extrémité éloignée.

Les limites d'essai de perte d'insertion pour la configuration du canal et du lien doivent être celles spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent). La perte d'insertion augmente avec la température.

Les mesurages doivent être effectués à la même température pendant tout l'essai afin que l'effet de la variation de la température soit négligeable. Se reporter à 4.6.5 pour de plus amples informations.

5.3.7 NEXT, puissance cumulée de NEXT

La paradiaphonie peut être déduite des mesurages de tension/fréquence balayés/échelonnés. Un signal d'entrée symétrique est appliqué à une paire perturbante à l'extrémité proche du lien tandis que le signal différentiel induit sur la paire perturbée est mesuré à l'extrémité proche.

La puissance cumulée de paradiaphonie est calculée à partir de la paradiaphonie à une certaine paire. Par exemple, la puissance cumulée de paradiaphonie de la paire 1,2 est donnée par l'Équation (12):

Les limites d'essais de paradiaphonie et de puissance cumulée de paradiaphonie sont spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

5.3.8 ACR-N et puissance cumulée d'ACR-N

5.3.8.1 ACR-N

L'ACR-N de chaque combinaison de paires d'un canal doit satisfaire à la différence d'exigence de NEXT et d'exigence de perte d'insertion ($IL - \textit{insertion loss}$). Les exigences d'ACR-N doivent être satisfaites aux deux extrémités du câblage.

L'ACR-N de la paire perturbante i à la paire perturbée k est calculé par l'Equation (13):

5.3.8.2 Puissance cumulée d'ACR-N

Les exigences de PS ACR-N doivent être satisfaites aux deux extrémités du câblage.

Le rapport PS ACR-N doit être calculé selon 4.9.4.

5.3.9 ACR-F, puissance cumulée d'ACR-F

ELFEXT et ACR-F se calculent à partir des mesurages de télédiaphonie (FEXT) et de perte d'insertion.

La télédiaphonie peut être déduite des mesurages de tension/fréquence balayés/échelonnés. Un signal d'entrée symétrique est appliqué à une paire perturbante à l'extrémité proche du lien tandis que le signal différentiel induit sur la paire perturbée est mesuré à l'extrémité éloignée.

L'ACRF est donnée par l'Équation (14), et la PS ACR-F est donnée par l'Équation (15).

Par hypothèse, toutes les grandeurs d'ACR-F et de PS ACR-F sont considérées comme exprimées en unités positives de décibels.

Les limites d'essai d'ACR-F et de la puissance cumulée d'ACR-F sont spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent). Par hypothèse, les limites d'ELFEXT et de PS ELFEXT sont considérées respectivement comme identiques à celles d'ACR-F et de PS ACR-F.

5.3.10 Affaiblissement de réflexion

L'affaiblissement de réflexion est une mesure de l'énergie réfléchie provoquée par de mauvaises adaptations d'impédance dans le système de câblage. L'affaiblissement de réflexion est surtout important pour les applications qui font appel à une transmission bidirectionnelle simultanée.

Les limites d'essai de l'affaiblissement de réflexion sont spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

5.3.11 Résistance de boucle en courant continu

La résistance de boucle en courant continu est la somme totale de toutes les résistances en courant continu dans la boucle d'une paire, y compris la connectivité. Les limites d'essai de résistance de boucle en courant continu sont spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

5.3.12 Asymétrie de résistance en courant continu entre les paires

L'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires est l'asymétrie de résistance parallèle entre deux paires, y compris la connectivité. Les limites d'essai d'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires sont spécifiées dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent).

5.3.13 Paramètres de diaphonie exogène

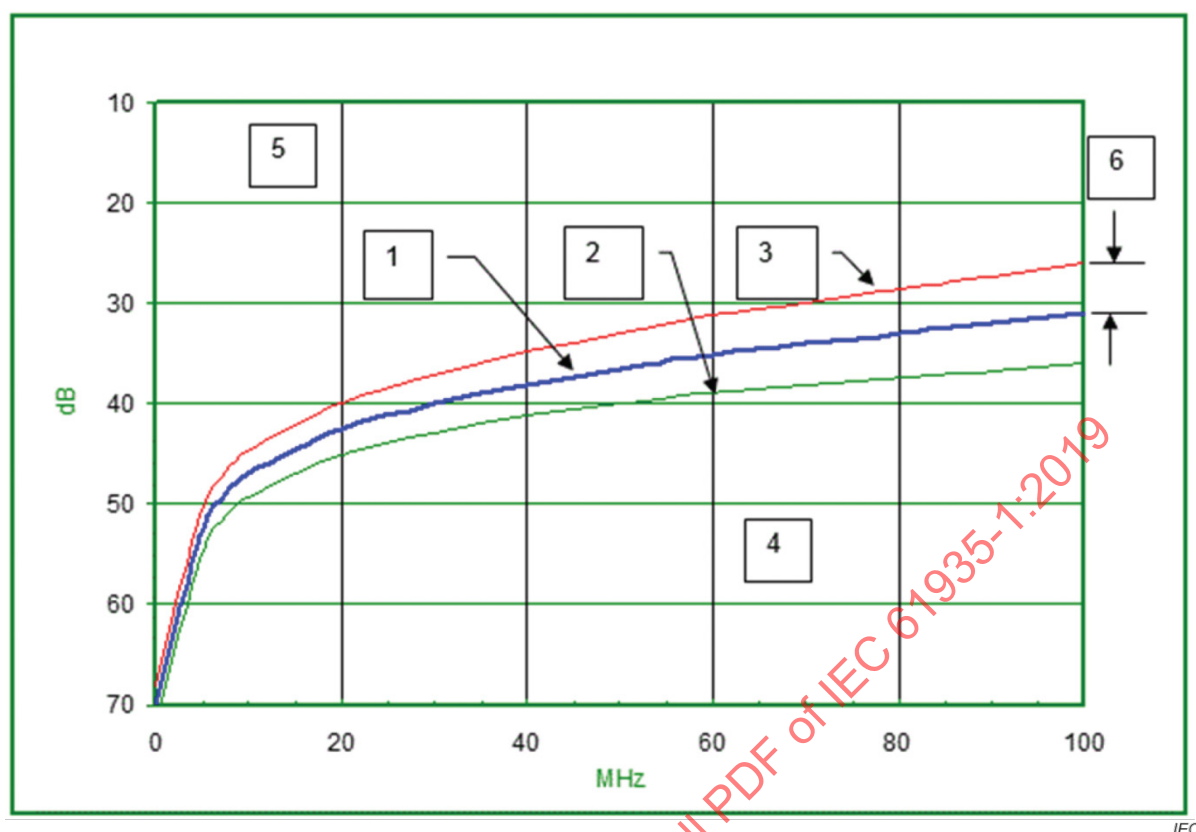
Les exigences d'essais sur site concernant les paramètres de diaphonie exogène PS ANEXT et PS AACR-F sont spécifiées dans l'Annexe E.

5.4 Compte rendu et exactitude des données

5.4.1 Généralités

Un résultat accepté ou refusé pour chaque paramètre doit être déterminé par les limites admissibles pour ce paramètre. Pour la classe FA et les classes inférieures, le résultat des essais d'un paramètre doit être marqué par un astérisque (*) lorsque le résultat est plus proche de la limite de l'essai que de l'exactitude de mesure (voir la Figure 19). Voir aussi l'Article 6 pour des informations détaillées concernant les exigences d'exactitude de mesure.

L'Annexe A contient des considérations complémentaires sur la variabilité qui peut apparaître au cours des mesurages d'essai sur site.



Légende

- 1 ligne de limite d'essai
- 2 ligne de limite d'acceptation conditionnelle (acceptation)
- 3 ligne de limite de refus conditionnel (refus)
- 4 zone d'acceptation de l'essai (zone sous la ligne de limite d'acceptation conditionnelle)
- 5 zone de refus d'essai (zone au-dessus de la ligne de limite d'acceptation conditionnelle)
- 6 exactitude de mesure

Figure 19 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT)

NOTE La Figure 19 présente un exemple d'une tolérance de mesure au-dessus et au-dessous de la limite d'essai d'acceptation/refus pour la paradiaphonie. Les lignes au-dessus et au-dessous des limites d'essai sont décalées par rapport à la limite d'essai par la valeur en dB égale à l'exactitude de mesure. Si le mesurage se situe dans la zone au-dessus de la limite, il est marqué REFUSÉ*. Si le mesurage se situe dans la zone au-dessous de la limite d'essai, il est marqué ACCEPTÉ*.

Le fabricant de l'équipement d'essai sur site doit fournir une documentation pour faciliter l'interprétation des résultats marqués d'un astérisque.

Un état accepté ou refusé global doit être déterminé par les résultats des essais individuels exigés. Tout résultat REFUSÉ ou REFUSÉ* doit entraîner un REFUSÉ global. Sauf spécification contraire dans un accord d'assurance qualité, afin de remplir la condition d'acceptation globale, tous les résultats individuels doivent être ACCEPTÉ ou ACCEPTÉ*.

Tout mesurage consigné par les équipements d'essai doit avoir une exactitude spécifiée. Pour les exigences concernant l'exactitude, voir l'Article 6. L'équipement d'essai sur site doit pouvoir enregistrer les données à tous les points mesurés, charger les données dans un PC, comme cela est décrit en 5.4.2 et fournir des rapports de synthèse, comme cela est décrit en 5.4.3.

5.4.2 Résultats détaillés

L'équipement d'essai sur site doit pouvoir enregistrer toutes les informations relatives à la connectivité, ainsi que les valeurs mesurées de chaque paramètre à chaque point de mesure de fréquence.

Il est recommandé que les contrôleurs de niveau IIe, III, IIIe, IV et V conservent les valeurs mesurées à chaque consignation de fréquence. Ces valeurs doivent être conservées pour les contrôleurs de niveau VI.

Lorsque le contrôleur conserve les valeurs mesurées à chaque point de fréquence, il doit être possible d'exporter ces valeurs.

En outre, les résultats détaillés doivent comprendre un résultat d'acceptation/refus pour chacun des éléments suivants, le cas échéant, pour le niveau de performances choisi:

- table de correspondance des fils, y compris connexion de l'écran, le cas échéant;
- perte d'insertion;
- NEXT, mesurée depuis l'extrémité locale;
- NEXT, mesurée depuis l'extrémité distante;
- puissance cumulée de NEXT, à l'extrémité locale;
- puissance cumulée de NEXT, à l'extrémité distante;
- ACR-N, à l'extrémité locale;
- ACR-N, à l'extrémité distante;
- puissance cumulée d'ACR-N, à l'extrémité locale;
- puissance cumulée d'ACR-N, à l'extrémité distante;
- ACR-F, à l'extrémité locale;
- puissance cumulée d'ACR-F, à l'extrémité distante;
- affaiblissement de réflexion, mesuré depuis l'extrémité locale;
- affaiblissement de réflexion, mesuré depuis l'extrémité distante;
- temps de propagation;
- différence des temps de propagation;
- résistance de boucle en courant continu;
- PS ANEXT;
- PS AACR-F.

Pour les exigences de consignation concernant les mesurages facultatifs, voir 5.3.2.

5.4.3 Rapports de synthèse

Des informations détaillées peuvent être exigées dans certaines circonstances. Cependant, une synthèse sur les performances est généralement suffisante. L'équipement d'essai sur site doit pouvoir consigner les informations de synthèse minimales, comme le présentent le Tableau 6 et le Tableau 7.

**Tableau 6 – Synthèse des exigences de consignation
concernant les équipements d'essai sur site (1 de 3)**

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité distante (si des mesurages dans les deux sens ne sont pas exigés)	Mesurée depuis l'extrémité distante (si un mesurage depuis l'extrémité distante est exigé)
Table de correspondance des fils	Toute connectivité, y compris les écrantages (éventuels) Acceptation/refus	
Perte d'insertion	Perte d'insertion la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la perte d'insertion la plus défavorable Fréquence à la perte d'insertion la plus défavorable Paire avec la perte d'insertion la plus défavorable Acceptation/refus	
NEXT	NEXT la plus défavorable (1 sur 6 possibles) Limite d'essai à la NEXT la plus défavorable Fréquence à la NEXT la plus défavorable Combinaison de paires à la NEXT la plus défavorable Acceptation/refus	NEXT la plus défavorable (1 sur 6 possibles) Limite d'essai à la NEXT la plus défavorable Fréquence à la NEXT la plus défavorable Combinaison de paires à la NEXT la plus défavorable Acceptation/refus
	Marge de NEXT la plus défavorable (1 sur 6 possibles) Limite d'essai à la marge de NEXT la plus défavorable Fréquence à la marge de NEXT la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de NEXT la plus défavorable Acceptation/refus	Marge de NEXT la plus défavorable (1 sur 6 possibles) Limite d'essai à la marge de NEXT la plus défavorable Fréquence à la marge de NEXT la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de NEXT la plus défavorable Acceptation/refus
Puissance cumulée de NEXT	Puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Acceptation/refus Marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Acceptation/refus	Puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Acceptation/refus Marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la marge de puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Acceptation/refus

Tableau 6 (2 de 3)

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité distante (si des mesurages dans les deux sens ne sont pas exigés)	Mesurée depuis l'extrémité distante (si un mesurage depuis l'extrémité distante est exigé)
ACR-N	ACR-N le plus défavorable (1 sur 6) Limite d'essai à l'ACR-N le plus défavorable Pour chaque combinaison de paires, il convient de calculer l'ACR-N en utilisant la paire ayant la perte d'insertion la plus élevée pour chaque point de mesure de fréquence. Fréquence à l'ACR-N le plus défavorable Combinaison de paires à l'ACR-N le plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus Marge de l'ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus	ACR-N le plus défavorable (1 sur 6) Limite d'essai à l'ACR-N le plus défavorable Pour chaque combinaison de paires, il convient de calculer l'ACR-N en utilisant la paire ayant la perte d'insertion la plus élevée pour chaque point de mesure de fréquence. Fréquence à l'ACR-N le plus défavorable Combinaison de paires à l'ACR-N le plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus Marge de l'ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus
Puissance cumulée d'ACR-N	Puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (1 sur 4) Pour chaque combinaison de paires, il convient de calculer l'ACR-N en utilisant la paire ayant la perte d'insertion la plus élevée pour chaque point de mesure de fréquence. Limite d'essai à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus Marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus	Puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (1 sur 4) Pour chaque combinaison de paires, il convient de calculer l'ACR-N en utilisant la paire ayant la perte d'insertion la plus élevée pour chaque point de mesure de fréquence. Limite d'essai à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus-N Marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus

Tableau 6 (3 de 3)

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité distante (si des mesurages dans les deux sens ne sont pas exigés)	Mesurée depuis l'extrémité distante (si un mesurage depuis l'extrémité distante est exigé)
ACR-F	ACR-F le plus défavorable (1 sur 24 possibles) Limite d'essai à l'ACR-F le plus défavorable Fréquence à l'ACR-F le plus défavorable Combinaison de paires à l'ACR-F le plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus Marge de l'ACR-F la plus défavorable Limite d'essai à la marge de l'ACR-F la plus défavorable Fréquence à la marge de l'ACR-F la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de l'ACR-F la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus	
Puissance cumulée de perte par télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) ou Puissance cumulée de l'ACR-F	Puissance cumulée de l'ACR-F la plus défavorable (1 sur 8 possibles) Limite d'essai à la puissance cumulée de l'ACR-F la plus défavorable Fréquence à la puissance cumulée de l'ACR-F la plus défavorable Paires à la puissance cumulée la plus défavorable ACR-F (perturbante, perturbée) Acceptation/refus Marge de puissance cumulée de l'ACR-F la plus défavorable (1 sur 8 possibles) Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de l'ELFEXT/ACR-F la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de l'ELFEXT/ACR-F la plus défavorable Paire à la marge de puissance cumulée de l'ACR-F la plus défavorable (perturbante, perturbée) Acceptation/refus	
Affaiblissement de réflexion	Marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable (1 sur 4 possibles). Limite d'essai à la marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable Affaiblissement de réflexion à la marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable Fréquence à laquelle se produit la marge la plus défavorable Acceptation/refus	Marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable Affaiblissement de réflexion à la marge d'affaiblissement de réflexion la plus défavorable Fréquence à laquelle se produit la marge la plus défavorable Acceptation/refus
Temps de propagation	Temps de propagation le plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai au temps de propagation le plus défavorable Acceptation/refus	
Différence des temps de propagation	Différence des temps de propagation la plus défavorable (1 sur 1 possible) Limite d'essai de la différence des temps de propagation Acceptation/refus	
Résistance de boucle en courant continu	Résistance de boucle en courant continu la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai de résistance de boucle en courant continu Acceptation/refus	

5.4.4 Exigences de consignation concernant la puissance cumulée de diaphonie exogène

Les exigences minimales sont données dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Exigences minimales de consignation concernant la PS ANEXT et la PS AACR-F

Paramètre	Exigence de consignation
Information concernant les liens	Énumération de tous les liens perturbés qui ont été soumis à l'essai
	Le sens dans lequel le lien perturbé a été soumis à l'essai
	Énumération de tous les liens perturbants contenue dans un résultat de puissance cumulée de PS ANEXT et/ou PS AACR-F
Marge de PS ANEXT	Marge la plus défavorable pour la PS ANEXT sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai
Amplitude de la marge de PS ANEXT	Amplitude de la PS ANEXT à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai
Fréquence de la marge de PS ANEXT	Fréquence de la PS ANEXT à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai
Limite de la marge de PS ANEXT	Limite de la PS ANEXT à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai
Résultat de PS ANEXT	Résultat d'acceptation/refus de PS ANEXT pour chaque lien perturbé soumis à l'essai
Marge de PS AACR-F	Marge la plus défavorable pour la PS AACR-F sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai.
Amplitude de la marge de PS AACR-F	Amplitude de la PS AACR-F à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai.
Fréquence de la marge de PS AACR-F	Fréquence de la PS AACR-F à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai.
Limite de la marge de PS AACR-F	Limite de la PS AACR-F à laquelle la marge la plus défavorable se produit sur la plage de fréquences applicable pour chaque lien perturbé soumis à l'essai.
Résultat de PS AACR-F	Résultat d'acceptation/refus de PS AACR-F pour chaque lien perturbé soumis à l'essai

5.4.5 Généralités

Tous les paramètres appropriés spécifiés dans l'ISO/IEC 11801-1 (ou l'équivalent) doivent être soumis à l'essai.

5.4.6 Vérifications de la cohérence pour les contrôleurs sur site

5.4.6.1 Généralités

Le fabricant de l'équipement d'essai sur site doit mettre à la disposition de l'utilisateur une procédure simple de vérification, consignation et enregistrement de la répétabilité de l'essai effectué sur site. Les procédures suivantes doivent être suivies, sauf indication contraire dans une spécification correspondante.

5.4.6.2 Répétabilité des essais sur un lien de référence

L'utilisateur final de l'équipement d'essai sur site doit construire un lien de référence. Des mesurages répétés sur ce lien doivent donner les mêmes résultats dans les limites de l'amplitude des spécifications concernant l'exactitude. Des comparaisons doivent être effectuées entre les résultats les plus défavorables sur la bande de fréquences.

5.4.6.3 Répétabilité des essais par des essais sur le même lien dans des sens opposés

Tout lien peut être mesuré d'abord en connectant le contrôleur sur site principal à une extrémité du câblage et le contrôleur sur site distant à l'autre extrémité du câblage. Après avoir effectué un essai, les emplacements du contrôleur sur site principal et du contrôleur sur site distant sont interchangés.

5.4.7 Évaluation des essais de cohérence

Toutes les amplitudes les plus défavorables doivent rester les mêmes dans les limites du double de la spécification concernant l'exactitude du paramètre en essai, sauf pour les mesurages de paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion. Pour la paradiaphonie et l'affaiblissement de réflexion, les résultats de paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion obtenus sur place pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion obtenus à distance pendant le second essai. De même, les résultats de paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion obtenus à distance pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion obtenus sur place pendant le second essai.

5.4.8 Applicabilité du système d'administration

En plus des indications Acceptation/refus, les valeurs mesurées du paramètre en essai doivent être enregistrées dans le système d'administration (voir l'ISO/IEC 14763-1). Toute nouvelle configuration des composants de câblage après les essais peut modifier les performances et donc invalider les résultats des essais précédents. Ce câblage doit exiger des contre-essais pour confirmer sa conformité.

5.4.9 Cordons d'adaptateur des équipements d'essai pour les essais de liens

Les cordons d'adaptateur utilisés pour relier l'équipement d'essai sur site au lien étudié doivent être tels que spécifiés par le fabricant des équipements d'essai afin d'être adaptés aux mesurages du lien. Le câble souple et le matériel de connexion ont un cycle de vie limité et doivent être examinés de manière périodique quant à leur conformité aux spécifications (voir 5.4.6).

La périodicité minimale recommandée est de 250 insertions.

Par ailleurs, il est recommandé de suivre les instructions du fabricant pour le remplacement de l'adaptateur des contrôleurs (par exemple, après 5 000 insertions).

5.4.10 Essais des cordons d'utilisateur et des canaux

Les cordons d'utilisateur sont les cordons des équipements, les cordons de brassage ou les jarretières inclus comme composants du canal. Les cordons d'utilisateur doivent être soumis à l'essai en place dans un canal. Un cordon d'utilisateur peut être vérifié en l'insérant dans le canal en essai. Si le canal est conforme aux exigences de transmission, l'emploi du cordon d'utilisateur dans ce canal uniquement est agréé. Le cordon de brassage doit rester en place et son orientation ne doit pas être inversée.

6 Exigences concernant l'exactitude de mesure des contrôleurs sur site

6.1 Généralités

L'exactitude est la différence entre la valeur mesurée consignée par l'équipement d'essai sur site et la valeur réelle. L'exactitude dépend des caractéristiques du contrôleur sur site ainsi que des caractéristiques de transmission du câblage.

Des niveaux minimaux de performances ont été identifiés pour les équipements d'essai sur site des niveaux IIE, III, IIIE, IV, V et VI. Chaque niveau d'exactitude a son propre ensemble d'exigences de performances décrites à l'Article 6.

Des modèles d'erreur pour chacun des mesurages donnent des estimations pour l'exactitude de mesure de chaque paramètre à mesurer. Les modèles d'erreur utilisent les paramètres de performances les plus importants réputés influencer sur l'exactitude de mesure. Cependant, certaines sources supplémentaires d'erreur de mesure peuvent ne pas être reflétées dans ce modèle d'erreur, en fonction de l'intégration du circuit de mesure dans le contrôleur sur site. En outre, de nombreuses hypothèses peuvent ne pas toujours être réalisées.

Outre les exigences de performances concernant les propriétés des contrôleurs sur site, des méthodes de comparaison des résultats obtenus par les équipements d'essai sur site avec ceux obtenus par les méthodes de laboratoire sont spécifiées. Les méthodes de laboratoire sont décrites en 6.12. L'écart entre les deux résultats ne doit pas être supérieur à la somme totale de l'exactitude de mesure estimée de l'équipement d'essai sur site et de l'exactitude estimée de mesure du système de mesure en laboratoire. Dans la mesure où l'exactitude de mesure observée dépend également des propriétés des liens utilisés dans la comparaison, l'exactitude de mesure calculée selon les modèles d'erreur de 6.11 doit correspondre à l'exactitude de mesure observée décrite en 6.12.

Les indicateurs suivants d'exactitude de mesure estimée sont applicables à

- la limite d'acceptation/refus du lien permanent, pour le référentiel et le lien;
- la limite d'acceptation/refus du canal, pour le canal;
- la fréquence d'essai la plus haute applicable à la classe D pour le niveau IIE, à la classe E pour le niveau III, à la classe E_A pour le niveau IIIE, à la classe F pour le niveau IV, à la classe F_A pour le niveau V, ainsi qu'aux classes I et II pour le niveau VI.

Dans les cas où la perte d'insertion mesurée est inférieure à 3 dB, les limites d'acceptation/refus pour l'affaiblissement de réflexion ne doivent pas s'appliquer. Dans les cas où la perte d'insertion mesurée est inférieure à 4 dB, les limites d'acceptation/refus pour la perte d'insertion et la paradiaphonie ne doivent pas s'appliquer.

NOTE 1 L'exactitude de mesure pour tous les paramètres à l'exception de l'affaiblissement de réflexion présente l'exactitude la plus défavorable à la fréquence d'essai la plus haute. Dans le cas de l'affaiblissement de réflexion, le cas le plus défavorable se produit à de basses fréquences. Cependant, à de très basses fréquences, la règle des 3 dB élimine les résultats à basse fréquence.

NOTE 2 L'exactitude de mesure pour tous les paramètres à l'exception de l'affaiblissement de réflexion dépend de la limite d'acceptation/refus sur le lien ou le canal. En cas d'affaiblissement de réflexion, l'exactitude de mesure de l'affaiblissement de réflexion, lorsqu'elle est calculée à la limite d'acceptation/refus du lien permanent plutôt qu'à la limite du canal, est dégradée d'environ 0,4 dB.

NOTE 3 En pratique, les paramètres de performances des contrôleurs sur site sont souvent considérablement améliorés par rapport aux paramètres minimaux exigés. Le fabricant des contrôleurs sur site peut spécifier une exactitude de mesure améliorée et utiliser cette exactitude de mesure améliorée pour réduire la bande d'incertitude comme cela est représenté à la Figure 19.

L'exactitude réelle spécifiée par les fabricants d'instruments est appelée "exactitude nominale" et est approximativement égale à la moitié de l'exactitude la plus défavorable consignée du Tableau 8 au Tableau 15.

Il convient de comparer l'exactitude de deux niveaux, quels qu'ils soient, de l'équipement d'essai (par exemple, niveau IIE et niveau V) dans les modèles d'erreur en utilisant les mêmes lignes de limites.

Par ailleurs pour le niveau VI, lorsque des modèles d'erreur actualisés sont utilisés, il convient de comparer les niveaux du contrôleur sur site en utilisant les mêmes modèles d'erreur.

Lors de l'étude de l'exactitude absolue, il convient que l'analyse fasse référence à la même ligne de limite et au même modèle d'erreur.

Le Tableau 8 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu et de la longueur pour les instruments d'essai de niveau IIE, de niveau III, de niveau IV, de niveau V et de niveau VI.

Tableau 8 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu et de la longueur pour les instruments d'essai de niveau IIE, de niveau III, de niveau IV, de niveau V et de niveau VI

Paramètre d'essai Niveau IIE, III, IV, V	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent	Exactitude du lien à la limite du lien permanent	Exactitude du canal à la limite du canal
Temps de propagation	27 ns	27 ns	25 ns
Différence des temps de propagation	10 ns	10 ns	10 ns
Longueur	4,6 m	4,6 m	5 m
Résistance en courant continu	1,2 Ω	1,2 Ω	1,3 Ω

Le Tableau 9 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIE.

Tableau 9 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIE

Paramètre d'essai Niveau IIE	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent	Exactitude du lien à la limite du lien permanent	Exactitude du canal à la limite du canal
Fréquence	100 MHz	100 MHz	100 MHz
	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,3	1,7	1,9
Puissance cumulée	1,8	2,4	3,6
Puissance cumulée de NEXT	1,9	2,3	3,8
ACR-N	2,3	3,0	4,2
Puissance cumulée d'ACR-N	2,3	2,9	4,4
ELFEXT	2,3	3,0	4,4
Puissance cumulée d'ELFEXT/ACR-F	2,4	3,1	4,8
Affaiblissement de réflexion	1,9	2,9	2,4

Le Tableau 10 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau III.

Tableau 10 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau III

Paramètre d'essai Niveau III	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent		Exactitude du lien à la limite du lien permanent		Exactitude du canal à la limite du canal	
	100 MHz	250 MHz	100 MHz	250 MHz	100 MHz	250 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,2	1,9	1,3	2,3	1,4	2,5
NEXT	1,8	2,8	2,3	3,6	2,9	4,2
Puissance cumulée de NEXT	2,0	2,9	2,6	3,8	3,2	4,5
ACR-N	2,0	3,2	2,5	4,1	3,1	4,7
Puissance cumulée d'ACR-N	2,0	3,0	2,6	3,9	3,7	4,6
ELFEXT/ACR-F	1,8	3,1	2,2	4,1	3,4	5,0
Puissance cumulée d'ELFEXT/ACR-F	1,9	3,2	2,1	3,8	3,6	4,9
Affaiblissement de réflexion	2,8	2,5	3,5	4,3	2,9	3,9

Le Tableau 11 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIIe.

Tableau 11 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ELFEXT/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIIe

Paramètre d'essai Niveau IIIe	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent			Exactitude du lien à la limite du lien permanent			Exactitude du canal à la limite du canal		
	100 MHz	250 MHz	500 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,2	1,9	2,7	1,3	2,3	2,8	1,4	2,5	3,1
NEXT	1,8	2,8	3,9	2,3	3,6	4,6	2,9	4,2	5,2
Puissance cumulée de NEXT	1,9	2,9	4,0	2,6	3,8	4,7	3,2	4,5	5,4
ACR-N	2,0	3,2	4,5	2,5	4,1	5,2	3,1	4,7	5,9
Puissance cumulée d'ACR-N	2,0	3,0	4,1	2,6	3,9	4,8	3,3	4,6	5,5
ELFEXT/ACR-F	1,8	2,9	4,2	2,2	3,9	5,2	3,4	4,9	6,0
Puissance cumulée d'ELFEXT/ACR-F	1,8	2,9	4,2	2,1	3,6	4,8	3,5	4,7	5,6
Affaiblissement de réflexion	2,8	2,5	2,2	3,5	4,3	4,5	3,0	3,8	4,1

Le Tableau 12 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IV.

Tableau 12 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IV

Paramètre d'essai Niveau IV	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent			Exactitude du lien à la limite du lien permanent			Exactitude du canal à la limite du canal		
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,2	1,9	2,1	1,3	2,3	2,5	1,4	2,5	2,8
NEXT	2,1	2,8	3,7	2,5	3,6	4,7	3,8	4,8	5,4
Puissance cumulée de NEXT	2,3	2,9	3,8	2,7	3,8	4,9	4,3	5,1	5,7
ACR-N	2,5	3,5	4,4	2,9	4,4	5,5	4,3	5,5	6,2
Puissance cumulée d'ACR-N	2,7	3,6	4,5	3,1	4,5	5,6	4,7	5,9	6,5
ELFEXT/ACR-F	2,3	3,6	4,5	2,9	4,5	5,6	4,3	5,6	6,3
Puissance cumulée d'ELFEXT/ACR-F	2,4	3,7	4,8	3,1	4,8	6,2	4,8	6,1	6,9
Affaiblissement de réflexion	2,7	2,4	2,4	3,2	2,8	2,7	2,7	2,5	2,4

Le Tableau 13 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau V.

Tableau 13 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau V

Paramètre d'essai Niveau V	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent				Exactitude du lien à la limite du lien permanent				Exactitude du canal à la limite du canal			
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,2	1,9	2,1	2,9	1,3	2,3	2,5	3,5	1,4	2,5	2,9	4,2
NEXT	2	2,9	3,7	4,3	2,3	3,7	4,7	5,4	2,6	3,9	5	6,1
Puissance cumulée de NEXT	2,2	3	3,8	4,3	2,4	3,9	4,9	5,5	2,8	4,1	5,1	6,4
ACR-N	2,4	3,5	4,4	5,1	2,7	4,4	5,5	6,3	3,1	4,7	5,8	7,2
Puissance cumulée d'ACR-N	2,6	3,6	4,4	5,2	2,9	4,6	5,6	6,4	3,3	4,9	5,9	7,4
ACR-F	2,3	3,5	4,3	5,1	2,9	4,3	5,4	6,3	4,1	5,4	6,2	7,2
Puissance cumulée d'ACR-F	2,4	3,6	4,4	5,2	3,1	4,5	5,6	6,5	4,5	5,8	6,5	7,4
Affaiblissement de réflexion	2,7	2,4	2,4	2,4	3,2	2,8	2,7	2,9	2,7	2,5	2,4	2,6

Le Tableau 14 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (classe I).

Tableau 14 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (Classe I)

Paramètre d'essai Niveau VI	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent					Exactitude du lien à la limite du lien permanent					Exactitude du canal à la limite du lien du canal				
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz
Fréquence															
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,0	1,4	2,3	3,3	3,9	1,1	1,7	2,8	4,3	5,1	1,2	1,7	3,0	4,4	5,1
NEXT	1,3	2,0	3,5	4,1	4,4	1,5	2,5	4,4	5,1	5,4	1,8	2,6	4,5	5,3	5,7
Puissance cumulée de NEXT	1,3	2,0	3,5	4,1	4,4	1,5	2,5	4,4	5,1	5,4	2,1	2,9	4,6	5,5	6,3
ACR-N	1,4	2,3	3,9	4,7	5,1	1,6	2,8	4,9	5,8	6,2	1,9	2,9	5,0	6,0	6,5
Puissance cumulée d'ACR-N	1,4	2,3	3,9	4,7	5,1	1,6	2,8	4,9	5,8	6,2	2,2	3,2	5,1	6,2	7,0
ACR-F	1,7	2,5	4,2	5,0	5,3	2,0	3,1	5,2	6,1	6,5	5,2	5,6	6,7	7,5	7,9
Puissance cumulée d'ACR-F	1,7	2,6	4,2	5,0	5,3	2,2	3,2	5,2	6,1	6,5	7,1	7,4	8,3	8,9	9,2
Affaiblissement de réflexion	3,9	2,9	2,6	2,5	2,8	4,5	3,4	3,0	2,9	3,2	3,8	3,4	3,0	2,9	3,2

Le Tableau 15 indique l'exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (classe I).

Tableau 15 – Exactitude de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de NEXT, d'ACR-N, d'ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour le niveau VI (classe II)

Paramètre d'essai Niveau VI	Exactitude du référentiel à la limite du lien permanent					Exactitude du lien à la limite du lien permanent					Exactitude du canal à la limite du lien du canal				
	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 000 MHz	2 000 MHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Perte d'insertion	1,0	1,4	2,3	3,3	3,9	1,1	1,7	2,8	4,3	5,1	1,2	1,6	2,8	4,2	5,1
NEXT	1,6	2,2	3,6	4,2	4,4	3,1	4,1	5,3	6,0	6,0	3,2	4,1	5,3	6,0	6,0
Puissance cumulée de NEXT	1,9	2,5	3,8	4,3	4,4	4,4	5,4	6,4	7,1	6,8	4,4	5,4	6,4	7,1	6,8
ACR-N	1,7	2,5	4,0	4,8	5,1	3,2	4,3	5,8	6,7	6,8	3,3	4,3	5,8	6,7	6,8
Puissance cumulée d'ACR-N	2,0	2,7	4,2	4,9	5,1	4,5	5,6	6,8	7,7	7,5	4,5	5,6	6,8	7,7	7,5
ACR-F	2,2	2,8	4,3	5,1	5,3	5,4	5,9	6,9	7,7	7,9	5,3	5,7	6,8	7,6	7,9
Puissance cumulée d'ACR-F	2,7	3,2	4,5	5,3	5,4	7,4	7,8	8,6	9,2	9,2	7,3	7,6	8,4	9,1	9,2
Affaiblissement de réflexion	3,9	2,9	2,6	2,5	2,8	4,5	3,4	3,0	2,9	3,2	3,8	3,4	3,0	2,9	3,2

6.2 Spécifications de l'exactitude de mesure communes aux contrôleurs sur site de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE, de niveau IV, de niveau V et de niveau VI

Les exigences d'exactitude de mesure pour le temps de propagation, la différence des temps de propagation et la longueur pour les contrôleurs sur site de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE, de niveau IV et de niveau V sont identiques et indiquées dans le Tableau 16. Les exigences d'exactitude de mesure pour le temps de propagation, la différence des temps de propagation et la longueur pour les contrôleurs sur site de niveau VI sont indiquées dans le Tableau 17.

Tableau 16 – Spécifications de performance d'exactitude du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu et de la longueur pour les contrôleurs de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE, de niveau IV et de niveau V

Paramètre de performance	Temps de propagation	Différence des temps de propagation	Résistance en courant continu	Longueur ^a
Plage	0 μ s à 1 μ s à 10 MHz	0 ns à 100 ns à 10 MHz	0 Ω à 100 Ω	0 m à 305 m
Résolution	1 ns	1 ns	1 Ω	0,1 m
Exactitude	$\pm(5 \text{ ns} + 4 \text{ \%})$	$\pm 10 \text{ ns}$	$\pm(1 \text{ } \Omega + 1 \text{ \%})$	$\pm(1 \text{ m} + 4 \text{ \%})$

^a La longueur n'est pas un paramètre de mesure de type d'acceptation/refus conformément à l'ISO/IEC 11801-1. L'exactitude de longueur est relative à l'étalonnage VNP.

Tableau 17 – Spécifications de performance d'exactitude du temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de la résistance en courant continu, de l'asymétrie de résistance en courant continu entre les paires et de la longueur pour les contrôleurs de niveau VI

Paramètre de performance	Temps de propagation	Différence des temps de propagation	Résistance en courant continu	Longueur ^a
Plage	0 μ s à 1 μ s à 10 MHz	0 ns à 100 ns à 10 MHz	0 Ω à 100 Ω	0 m à 305 m
Résolution	1 ns	1 ns	0,1 Ω	0,1 m
Exactitude	$\pm(5 \text{ ns} + 4 \text{ \%})$	$\pm 10 \text{ ns}$	$\pm(0,5 \text{ } \Omega + 1 \text{ \%})$	$\pm(1 \text{ m} + 4 \text{ \%})$

Pour les exigences d'exactitude concernant les mesurages facultatifs, voir 5.3.2.

6.3 Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau IIE

Les équipements d'essai sur site de niveau IIE destinés à soumettre aux essais les câblages jusqu'à la classe D doivent être conformes à toutes les exigences individuelles pour chacune des fonctions de mesure au plan de référence de mesure pour la configuration d'essai. Les exigences d'exactitude de référentiel s'appliquent aux accès de mesure du contrôleur sur site. Les exigences d'exactitude du lien s'appliquent aux plans de référence pour le lien permanent ou le lien CP et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur du lien. Les exigences d'exactitude du canal s'appliquent aux plans de référence pour le canal et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur du canal. Une représentation des bandes d'incertitude applicables aux mesurages de paradiaphonie est donnée à la Figure 19.

Le Tableau 18 indique les paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IIE selon les lignes directrices IEC.

Tableau 18 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IIE selon les lignes directrices IEC

Paramètre	Contrôleur sur site référentiel	Contrôleur sur site avec adaptateur de lien de niveau IIE	Contrôleur sur site avec adaptateur de canal de niveau IIE	
Plage dynamique	3 dB au-delà de la limite d'essai (voir conditions 1 et 2 ci-dessous) PP NEXT et FEXT 60 dB, PS NEXT et FEXT 57 dB			dB
Résolution d'amplitude	0,1			dB
Plage de fréquences et résolution	Perte d'insertion: 1 MHz à 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F et affaiblissement de réflexion: 1 MHz à 100 MHz; 1 MHz à 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz à 100 MHz: 250 kHz			MHz
Exactitude dynamique NEXT	±0,75 (voir condition 3 ci-dessous)			dB
Exactitude dynamique ELFEXT/ACR-F	±1,0 (voir condition 4 ci-dessous)			dB
Affaiblissement de réflexion source/charge	1 MHz à 5 MHz: 15 dB 5 MHz à 100 MHz: 20 dB	15 dB		dB
Seuil de bruit aléatoire	65 – 15 log($f/100$), 80 dB max			dB
Paradiaphonie résiduelle	60 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	60 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	43 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Télédiaphonie résiduelle	55 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	55 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	35,1 – 20 log($f/100$) (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Symétrie du signal de sortie et réjection de mode commun	37 – 20 log($f/100$) (voir condition 6 ci-dessous)	34 – 20 log($f/100$) (voir condition 6 ci-dessous)		dB
Suivi	± 0,25 dB (voir condition 7 ci-dessous)	± 0,5 dB (voir condition 8 ci-dessous)		dB
Directivité	1 MHz à 10 MHz: 30 dB 10 MHz à 100 MHz: 30 – 2 log($f/10$) (voir condition 7 ci-dessous)	25 dB (voir condition 8 ci-dessous)		dB
Adaptation de la source	20 dB (voir condition 7 ci-dessous)	18 – 20log($\frac{f}{100}$) 20 dB max (voir condition 8 ci-dessous)		dB
Affaiblissement de réflexion de la terminaison	1 MHz à 5 MHz: 23 dB 5 MHz à 100 MHz: 35 – 1,5√ f (voir condition 7 ci-dessous)	1 MHz à 5 MHz: 22 dB 5 MHz à 100 MHz: 15 – 20log($\frac{f}{100}$) 25 dB max (voir condition 8 ci-dessous)		dB
Condition 1: La plage dynamique pour NEXT et FEXT est de 60 dB au minimum.				
Condition 2: La plage dynamique pour la puissance cumulée de NEXT et la puissance cumulée de FEXT est de 57 dB au minimum.				
Condition 3: Les exigences d'exactitude dynamique doivent être vérifiées par essai jusqu'à la plage dynamique spécifiée pour la paradiaphonie et la télédiaphonie.				
Condition 4: L'exactitude dynamique pour ELFEXT ou ACR-F part de l'hypothèse d'une exigence d'exactitude dynamique de ± 0,75 dB pour la télédiaphonie, qui doit être vérifiée par essai, et que cette performance d'exactitude dynamique pour la perte d'insertion et la télédiaphonie s'ajoute à l'exactitude dynamique indiquée d'ELFEXT ou ACR-F. Par hypothèse, la performance d'exactitude dynamique pour l'ACR-F est considérée comme égale à l'exactitude dynamique pour ELFEXT.				
Condition 5: La vérification de la paradiaphonie et de la télédiaphonie résiduelles s'effectue jusqu'à 75 dB au maximum. Par hypothèse, la réponse en fréquence varie de 20 dB/décade.				

Condition 6: La vérification de la performance de la symétrie du signal de sortie et de la réjection de mode commun s'effectue jusqu'à 60 dB au maximum. Par hypothèse, la réponse en fréquence varie à un taux de 20 dB/décade.
Condition 7: Entre 1 MHz et 5 MHz, l'exactitude globale calculée doit être supérieure à 3,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de source et affaiblissement de réflexion de terminaison.
Condition 8: Entre 1 MHz et 5 MHz, l'exactitude globale calculée doit être supérieure à 4,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de source et affaiblissement de réflexion de terminaison.

6.4 Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau III

Les équipements d'essai sur site de niveau III destinés à soumettre aux essais les câblages jusqu'à la classe E doivent être conformes à toutes les exigences individuelles pour chacune des fonctions de mesure au plan de référence de mesure pour la configuration d'essai. Les exigences d'exactitude de référentiel s'appliquent aux accès de mesure du contrôleur sur site. Les exigences d'exactitude du lien s'appliquent aux plans de référence pour le lien permanent ou le lien CP et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur de fiche du lien. Les exigences d'exactitude du canal s'appliquent aux plans de référence pour le canal et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur du canal. Une représentation des bandes d'incertitude applicables aux mesurages de paradiaphonie est donnée à la Figure 19.

Le Tableau 19 indique les paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau III selon les lignes directrices IEC

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2019

**Tableau 19 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs
sur site de niveau III selon les lignes directrices IEC**

Paramètre	Contrôleur sur site référentiel	Contrôleur sur site avec adaptateur de lien de niveau III (voir les conditions 7 et 8 ci- dessous)	Contrôleur sur site avec adaptateur de canal de niveau III	
Plage dynamique	3 dB au-delà de la limite d'essai (voir conditions 1 et 2 ci-dessous) PP NEXT et FEXT 65 dB, PS NEXT et FEXT 62 dB			dB
Résolution d'amplitude	0,1			dB
Plage de fréquences et résolution	Perte d'insertion: 1 MHz à 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F et affaiblissement de réflexion: 1 MHz à 100 MHz; 1 MHz à 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz à 100 MHz: 250 kHz 100 MHz à 250 MHz: 500 kHz			MHz
Exactitude dynamique NEXT	±0,75 (voir condition 3 ci-dessous)			dB
Exactitude dynamique ELFEXT/ACR-F	±1,0 (voir condition 4 ci-dessous)			dB
Affaiblissement de réflexion source/charge	20 – 12,5 log(<i>f</i> /100), 20 dB max.	18 – 12,5 log(<i>f</i> /100), 20 dB max.		dB
Seuil de bruit aléatoire	75 – 15 log(<i>f</i> /100), 85 dB max			dB
Paradiaphonie résiduelle	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	60 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	54 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Télédiaphonie résiduelle	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	43,1 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Symétrie du signal de sortie	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 6 ci-dessous)	37 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 6 ci-dessous)		dB
Réjection de mode commun	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 6 ci-dessous)	37 – 20 log(<i>f</i> /100) (voir condition 6 ci-dessous)		dB
Suivi	± 0,5 dB			dB
Directivité	27 – 7 log(<i>f</i> /100), 30 dB max.	25 – 20 log(<i>f</i> /100), 25 dB max.		dB
Adaptation de la source	20 dB	20 – 20 log(<i>f</i> /100), 20 dB max.		dB
Affaiblissement de réflexion de la termination	25 – 15 log(<i>f</i> /100), 25 dB max.	16 – 15 log(<i>f</i> /100), 25 dB max.		dB
Condition 1: La plage dynamique pour NEXT et FEXT est de 65 dB au minimum.				
Condition 2: La plage dynamique pour la puissance cumulée de NEXT et la puissance cumulée de FEXT est de 62 dB au minimum.				
Condition 3: Les exigences d'exactitude dynamique doivent être vérifiées par essai jusqu'à la plage dynamique spécifiée pour la paradiaphonie et la télédiaphonie.				
Condition 4: L'exactitude dynamique pour ELFEXT ou ACR-F part de l'hypothèse d'une exigence d'exactitude dynamique de ± 0,75 dB pour la télédiaphonie, qui doit être vérifiée par essai, et que cette performance d'exactitude dynamique pour la perte d'insertion et la télédiaphonie s'ajoute à l'exactitude dynamique indiquée d'ELFEXT ou ACR-F. Par hypothèse, la performance d'exactitude dynamique pour l'ACR-F est considérée comme égale à l'exactitude dynamique pour ELFEXT.				
Condition 5: La vérification de la paradiaphonie et de la télédiaphonie résiduelles s'effectue jusqu'à 85 dB au maximum. Par hypothèse, la réponse en fréquence varie de 20 dB/décade.				
Condition 6: La vérification de la performance de la symétrie du signal de sortie et de la réjection de mode commun s'effectue jusqu'à 60 dB au maximum. Par hypothèse, la réponse en fréquence varie à un taux de 20 dB/décade.				
Condition 7: La paradiaphonie de l'adaptateur de fiche du lien doit se situer entre les plages inférieure et supérieure des fiches d'essai comme cela est spécifié pour la catégorie 6 de l'IEC 60603-7 (toutes les parties). La conformité à cette exigence peut aussi être démontrée en réalisant un essai de comparaison comme en 6.12.2. Dans ce cas, une fiche de référence homologuée conformément à l'IEC 60603-7 doit être utilisée pour obtenir le mesurage du laboratoire de référence.				

Condition 8: La télédiaphonie de l'adaptateur de fiche du lien doit se situer entre les plages inférieure et supérieure des fiches d'essai comme cela est spécifié pour la catégorie 6 de l'IEC 60603-7 (toutes les parties). La conformité à cette exigence peut aussi être démontrée en réalisant un essai de comparaison comme en 6.12.2. Dans ce cas, une fiche de référence homologuée conformément à l'IEC 60603-7 doit être utilisée pour obtenir le mesurage du laboratoire de référence.

6.5 Exigences de performance d'exactitude pour les contrôleurs sur site de niveau IIIE

Les équipements d'essai sur site de niveau IIIE destinés à soumettre aux essais les câblages jusqu'à la Classe E_A doivent être conformes à toutes les exigences individuelles pour chacune des fonctions de mesure au plan de référence de mesure pour la configuration d'essai. Les exigences d'exactitude de référentiel s'appliquent aux accès de mesure du contrôleur sur site. Les exigences d'exactitude du lien s'appliquent aux plans de référence pour le lien permanent ou le lien CP et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur de fiche du lien. Les exigences d'exactitude du canal s'appliquent aux plans de référence pour le canal et incluent l'impact sur l'exactitude de l'adaptateur du canal. Une représentation des bandes d'incertitude applicables aux mesurages de paradiaphonie est donnée à la Figure 19.

Le Tableau 20 indique les paramètres de performance d'exactitude d'un contrôleur sur site de niveau IIIE selon les lignes directrices IEC

Tableau 20 – Paramètres de performance d'exactitude des contrôleurs sur site de niveau IIIE selon les lignes directrices

Paramètre	Contrôleur sur site référentiel	Contrôleur sur site avec adaptateur de lien de niveau IIIE	Contrôleur sur site avec adaptateur de canal de niveau IIIE	
Plage dynamique	3 dB au-delà de la limite d'essai (voir conditions 1 et 2 ci-dessous) PP NEXT et FEXT 65 dB, PS NEXT et FEXT 62 dB			dB
Résolution d'amplitude	0,1			dB
Plage de fréquences et résolution	1 MHz à 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz à 100 MHz: 250 kHz 100 MHz à 250 MHz: 500 kHz 250 MHz à 500 MHz: 1 MHz			MHz
Exactitude dynamique NEXT	$\pm 0,75$ (voir condition 3 ci-dessous)			dB
Exactitude dynamique ELFEXT/ACR-F	$\pm 1,0$ (voir condition 4 ci-dessous)			dB
Affaiblissement de réflexion source/charge	$20 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max. 12,5 dB min	$18 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max., 12 dB min		dB
Seuil de bruit aléatoire	$100 - 15 \log(f/100)$ 90 dB max.	$95 - 15 \log(f/100)$ 85 dB max.		dB
Paradiaphonie résiduelle	$65 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 5 ci-dessous)	$60 - 20 \log(f/100)$ (voir conditions 5 et 7 ci-dessous)	$54 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Télédiaphonie résiduelle	$65 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 5 ci-dessous)	$65 - 20 \log(f/100)$ (voir conditions 5 et 8 ci-dessous)	$43,1 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 5 ci-dessous)	dB
Symétrie du signal de sortie	$40 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 6 ci-dessous)	$37 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 6 ci-dessous)		dB
Réjection de mode commun	$40 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 6 ci-dessous)	$37 - 20 \log(f/100)$ (voir condition 6 ci-dessous)		dB