

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 and related standards

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

Partie 1: Câblages symétriques installés conformément à l'ISO/IEC 11801 et normes associées



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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 and related standards**

**Spécification relative aux essais des câblages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information –
Partie 1: Câblages symétriques installés conformément à l'ISO/IEC 11801 et normes associées**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XE

ICS 33.120.10

ISBN 978-2-88912-117-5

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	10
1 Scope.....	11
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	13
4 Reference measurement procedures for electrical properties	15
4.1 General.....	15
4.2 Test equipment considerations	15
4.2.1 General	15
4.2.2 Network analyzer test requirements.....	15
4.2.3 Termination of conductor pairs	16
4.2.4 Reference loads for calibration	17
4.2.5 Test configurations	17
4.2.6 Coaxial cables and test leads for network analyzers.....	18
4.2.7 Balun requirements	19
4.2.8 Network analyzer measurement precautions.....	20
4.2.9 Data reporting and accuracy.....	21
4.3 DC loop resistance	21
4.3.1 Objective	21
4.3.2 Test method	22
4.3.3 Test equipment and set-up	22
4.3.4 Procedure.....	22
4.3.5 Test report.....	22
4.3.6 Uncertainty.....	23
4.4 Direct current (d.c.) resistance unbalance	23
4.4.1 Objective	23
4.4.2 Test method	23
4.4.3 Test equipment and set-up	23
4.4.4 Procedure.....	23
4.4.5 Test report.....	24
4.4.6 Uncertainty.....	24
4.5 Insertion loss	24
4.5.1 Objective	24
4.5.2 Test method	24
4.5.3 Test equipment and set-up	25
4.5.4 Procedure.....	25
4.5.5 Test report.....	26
4.5.6 Temperature correction	26
4.5.7 Uncertainty.....	26
4.6 Propagation delay and delay skew	26
4.6.1 Objective	26
4.6.2 Test method	26
4.6.3 Test equipment and set-up	27
4.6.4 Procedure.....	27
4.6.5 Test report.....	27
4.6.6 Uncertainty.....	27

4.7	Near-end cross-talk (NEXT) and power sum NEXT	28
4.7.1	Objective	28
4.7.2	Test method	28
4.7.3	Test equipment and set-up	28
4.7.4	Procedure.....	28
4.7.5	Test report.....	29
4.7.6	Uncertainty.....	30
4.8	Attenuation to crosstalk ratio, near end (ACR-N) and power sum ACR-N.....	30
4.8.1	Objective	30
4.8.2	Test method	30
4.8.3	Test equipment and set-up	30
4.8.4	Procedure.....	30
4.8.5	Test report.....	30
4.8.6	Uncertainty.....	30
4.9	Far-end cross-talk (FEXT) and power sum FEXT	31
4.9.1	Objective	31
4.9.2	Test method	31
4.9.3	Test equipment and set-up	31
4.9.4	Procedure.....	32
4.9.5	Test report.....	32
4.9.6	Uncertainty of FEXT measurements	32
4.10	Equal level far end crosstalk (ELFEXT) and attenuation to crosstalk ratio, far end (ACR-F).....	32
4.10.1	Objective.....	32
4.10.2	Calculation	33
4.10.3	Test report.....	33
4.10.4	Uncertainty.....	33
4.11	Return loss.....	33
4.11.1	Objective.....	33
4.11.2	Test method	33
4.11.3	Test equipment and set-up	34
4.11.4	Procedure.....	34
4.11.5	Test report.....	35
4.11.6	Uncertainty.....	35
4.12	PS alien near end crosstalk (PS ANEXT – Exogenous crosstalk).....	35
4.12.1	Objective	35
4.12.2	Test method	35
4.12.3	Test equipment and set-up	35
4.12.4	Procedure.....	36
4.13	PS attenuation to alien crosstalk ratio, far end crosstalk (PS AACR-F – Exogenous crosstalk).....	38
4.13.1	Objective	38
4.13.2	Test method	38
4.13.3	Test equipment and set-up	38
4.13.4	Procedure.....	40
4.14	Unbalance attenuation, near end.....	42
4.14.1	Objective	42
4.14.2	Test method	42
4.14.3	Test equipment and set-up	42

4.14.4	Procedure.....	43
4.14.5	Test report.....	45
4.14.6	Uncertainty.....	46
4.15	Unbalance attenuation, far end.....	46
4.15.1	Objective.....	46
4.15.2	Test method.....	46
4.15.3	Test equipment and set-up.....	46
4.15.4	Procedure.....	47
4.15.5	Test report.....	48
4.15.6	Uncertainty.....	48
4.16	Coupling attenuation.....	48
5	Field test measurement requirements for electrical properties.....	48
5.1	General.....	48
5.2	Cabling configurations tested.....	49
5.3	Field test parameters.....	49
5.3.1	General.....	49
5.3.2	Inspection of workmanship and connectivity testing.....	50
5.3.3	Propagation delay and delay skew.....	51
5.3.4	Length.....	51
5.3.5	Insertion loss.....	52
5.3.6	NEXT, power sum NEXT.....	52
5.3.7	ACR-N and power sum ACR-N.....	53
5.3.8	ELFEXT, power sum ELFEXT, ACR-F, power sum ACR-F.....	54
5.3.9	Return loss.....	55
5.3.10	Direct current (d.c.) loop resistance.....	55
5.4	Power sum alien crosstalk.....	55
5.4.1	Objective.....	55
5.4.2	Test method.....	56
5.4.3	Test equipment and set-up.....	56
5.4.4	Measuring ANEXT loss.....	56
5.4.5	Measuring AFEXT loss.....	57
5.4.6	Procedure.....	57
5.4.7	Calculation of PS ANEXT and PS AACR-F from measured data.....	57
5.4.8	Selection of test ports.....	60
5.4.9	Test report.....	62
5.4.10	Uncertainty of PS alien crosstalk measurements.....	62
5.5	Data reporting and accuracy.....	62
5.5.1	General.....	62
5.5.2	Detailed results.....	64
5.5.3	Summary results.....	64
5.5.4	Reporting requirements for power sum alien crosstalk.....	68
5.5.5	General.....	68
5.5.6	Consistency checks for field testers.....	68
5.5.7	Evaluation of consistency tests.....	69
5.5.8	Administration system applicability.....	69
5.5.9	Test equipment adapter cords for link testing.....	69
5.5.10	User cords and channel testing.....	69
6	Field tester measurement accuracy requirements.....	69
6.1	General.....	69

6.2	Measurement accuracy specifications common to level IIE, level III, level IIIE, and level IV field testers.....	73
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.....	79
6.7	Accuracy performance requirements for level IV field testers over 600 MHz	81
6.8	Field tester requirements applicable to alien crosstalk measurements	81
6.9	Procedures for determining field tester parameters	81
6.9.1	General	81
6.9.2	Output signal balance (<i>OSB</i>)	82
6.9.3	Common mode rejection (<i>CMR</i>)	82
6.9.4	Residual NEXT	83
6.9.5	Dynamic accuracy	84
6.9.6	Source/load return loss.....	85
6.9.7	Random noise floor	85
6.9.8	Residual FEXT	85
6.9.9	Directivity	86
6.9.10	Tracking	87
6.9.11	Source match	87
6.9.12	Return loss of remote termination.....	87
6.9.13	Constant error term of the propagation delay measurement function.....	88
6.9.14	Error constant term proportional to propagation delay of the propagation delay measurement function.....	88
6.9.15	Constant error term of the delay skew measurement function	88
6.9.16	Constant error term of the length measurement function.....	88
6.9.17	Error constant proportional to length of the length measurement function	88
6.9.18	Constant error term of the d.c. resistance measurement function.....	88
6.9.19	Error constant term proportional to d.c. resistance of the d.c. resistance measurement function	89
6.9.20	Measurement floor for alien crosstalk testing during field testing	89
6.9.21	Measurement floor of the test device for the channel test configuration	89
6.10	Measurement error models.....	90
6.10.1	General	90
6.10.2	Error model for the insertion loss measurement function	90
6.10.3	Error model for the NEXT measurement function.....	91
6.10.4	Error model for the power sum NEXT measurement function	91
6.10.5	Error model for the ACR-N measurement function	91
6.10.6	Error model for the power sum ACR-N measurement function	92
6.10.7	Error model for the ELFEXT or ACR-F measurement function	92
6.10.8	Error model for the power sum ELFEXT and PS ACR-F measurement functions	93
6.10.9	Error model for the return loss measurement function	93
6.10.10	Error model for the propagation delay measurement function	94
6.10.11	Error model for the delay skew measurement function.....	95
6.10.12	Error model for the length measurement function	95
6.10.13	Error model for the d.c. loop resistance measurement function.....	95
6.11	Network analyzer measurement comparisons	95

6.11.1 General	95
6.11.2 Adapters.....	96
6.11.3 Comparison methods.....	98
Annex A (informative) Uncertainty and variability of field test results.....	102
Annex B (normative) Reference laboratory test configuration for alien crosstalk testing	106
Annex C (informative) General information on power sum alien crosstalk performance of installations	109
Bibliography.....	110

Figure 1 – Resistor load.....	16
Figure 2 – Reference planes for permanent link and channel	18
Figure 3 – 180° hybrid used as a balun	19
Figure 4 – Loop resistance measurement	22
Figure 5 – DC resistance unbalance measurement	24
Figure 6 – Insertion loss test configuration.....	25
Figure 7 – NEXT test configuration	28
Figure 8 – FEXT test configuration.....	31
Figure 9 – Return loss test configuration.....	34
Figure 10 – ANEXT measurement.....	36
Figure 11 – Alien far end crosstalk measurement.....	39
Figure 12 – Unbalance attenuation, near end test configuration	43
Figure 13 – Back-to-back balun differential mode insertion loss measurement.....	44
Figure 14 – Back-to-back balun common mode insertion loss measurement	44
Figure 15 – Unbalance performance test of the measurement balun	45
Figure 16 – Unbalance attenuation far end test configuration.....	47
Figure 17 – Correct pairing.....	50
Figure 18 – Incorrect pairing.....	51
Figure 19 – Schematic diagram to measure channel ANEXT loss	56
Figure 20 – AFEXT loss measurement test configuration	57
Figure 21 – Flow chart of the alien crosstalk test procedure.....	61
Figure 22 – Example of equipment tolerance region (NEXT)	63
Figure 23 – Block diagram for measuring output signal balance.....	82
Figure 24 – Block diagram to measure common mode rejection	83
Figure 25 – Block diagram for measuring residual NEXT.....	84
Figure 26 – Block diagram for measuring dynamic accuracy	84
Figure 27 – Principle of measurement of residual NEXT	86
Figure 28 – Principle of alternate measurement of residual FEXT	86
Figure 29 – Alien crosstalk measurement floor test for the channel test configuration	89
Figure 30 – Alien crosstalk measurement floor test for the link test configurations	90
Figure 31 – Construction details of special patch cord adapter.....	96
Figure 32 – Interfaces to channel by field test and laboratory equipment to compare test results.....	97
Figure 33 – Interfaces to link test configuration by field test and laboratory equipment to compare test results	98

Figure 34 – Sample scatter plot	100
Figure A.1 – Source of variability during link testing.....	103

Table 1 – Test balun performance characteristics	20
Table 2 – Estimated uncertainty of unbalance, near end measurement	46
Table 3 – Estimated uncertainty of unbalance, far end measurement	48
Table 4 – Summary of reporting requirements for field test equipment	65
Table 5 – Minimum reporting requirement for PS ANEXT and PS AACR-F	68
Table 6 – Worst case propagation delay, delay skew, d.c. resistance and length measurement accuracy for level IIE, level III and level IV test instruments	70
Table 7 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIE test instruments	71
Table 8 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level III test instruments	71
Table 9 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IIIE test instruments	72
Table 10 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F and return loss measurement accuracy for level IV test instruments	72
Table 11 – Propagation delay, delay skew, d.c. resistance and length accuracy performance specifications	73
Table 12 – Level IIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines	74
Table 13 – Level III field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines	76
Table 14 – Level IIIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines	78
Table 15 – Level IV field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines	80

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 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, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This bilingual version, published in 2010-07, corresponds to the English version.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005, and constitutes a technical revision.

This edition differs from the second edition in that it includes test methods for exogenous (alien) crosstalk. It also includes a new annex for uncertainty and variability of field test results.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

FDIS	Report on voting
46/323/FDIS	46/332/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts of the IEC 61935 series, 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication 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 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. This standard 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 2 contains the test methods required for patch cords and work area cables.

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

Part 1: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801 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. References in this standard to ISO/IEC 11801 mean ISO/IEC 11801 or equivalent cabling standards.

This International Standard applies when the cable assemblies are constructed of cables complying with the IEC 61156 family of standards, and connecting hardware as specified in IEC 60603-7 family of standards or IEC 61076-3-104 and IEC 61076-3-110. In the case where cables and/or connectors do not comply with these standards, then additional tests may be required.

This standard 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;
- 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 standard 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 and IEC 61076-3-110 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 or IEC 61076-3-110, 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 may be omitted.

NOTE 3 Users of this standard are advised to consult with applications standards, equipment manufacturers and system integrators to determine the suitability of these requirements for specific networking applications.

This standard 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 standard. 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, IEEE 1394b¹⁾). Qualification testers do not have traceable accuracy to national standards and 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 standard may also be used to evaluate 2-pair balanced cabling. However, 2-pair cabling links that share the same sheath with other links are tested as 4-pair cabling.

1) IEEE 1394b: 2002, *High Performance Serial Bus (High Speed Supplement)*

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60169-22, *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 60603-7, *Connectors for electronic equipment – Part 7: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors*

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

IEC 60603-7-4, *Connectors for electronic equipment – Part 7-4: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 250 MHz*

IEC 60603-7-5, *Connectors for electronic equipment – Part 7-5: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 250 MHz*

IEC 61076-3-104, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 61076-3-110, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-110: Rectangular connectors – Detail specification for shielded, free and fixed connectors for data transmission with frequencies up to 1 000 MHz*

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

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 61156-7, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 7: Symmetrical pair cables with transmission characteristics up to 1 200 MHz – Sectional specification for digital and analog communication cables*

IEC 61156-8, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 8: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 200 MHz – Work area wiring – Sectional specification*

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

ISO/IEC 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

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

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*

EN 50289-1-15, *Communication cables – Specifications for test methods – Part 1-15: Electromagnetic performance – Coupling attenuation of links and channels (Laboratory conditions)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply, in addition to the definitions included in ISO/IEC 11801.

3.1

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 (or equivalent)

NOTE Examples are: patch cord, work area cable, link.

3.2

certification

measurements of installed cabling specified in ISO/IEC 11801 (e.g., class D, class E, class E_A, class F, class F_A)

This requires field testers with traceable accuracy to national standards.

3.3

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)

3.4

d.c. resistance

measure of the sum total of the d.c. resistance of the wires of a pair

3.5

delay skew

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

3.6

electrical length

equivalent free-space length of the cable assembly

3.7

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 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 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 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 FEXT is expressed in dB.

3.8

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

It is expressed in dB relative to the incident square root of signal power.

3.9

nominal impedance

impedance for which the system is designed; the nominal impedance is resistive

3.10

output signal balance

OSB

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

3.11

power sum (*NEXT* and *FEXT* and *ELFEXT*)

the combined cross-talk on a receiving pair from all disturbing links operating simultaneously

3.12

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)

3.13

qualification

measurements of installed cabling for specific network technologies (e.g., 100BASE-T, IEEE802.3 1000BASE-T IEEE 1394b)

The measurement accuracy of field testers for qualification tests does not need to be traceable to national standards.

3.14

reference plane

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

3.15

reflection coefficient

C_r

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} .

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

3.16**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

$$RL = 20 \times \log_{10} \left(\frac{u_i}{u_r} \right) \quad \text{or} \quad RL = -20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_{in} - Z_{nom}|}{|Z_{in} + Z_{nom}|} \right) \quad (2)$$

where

u_i is the incident voltage;

u_r is the reflection voltage.

3.17**screening attenuation (of the cable assembly)**

ratio of the common mode square root of power wave inside a screened cable assembly to the total square root of power that radiates outside the cable assembly

3.18**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

3.19**verification**

measurements of installed cable or cabling for continuity

No other transmission performance parameters other than connectivity are measured.

4 Reference measurement procedures for electrical properties**4.1 General**

This clause 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 field testing and appropriate precautions shall be described.

4.2 Test equipment considerations**4.2.1 General**

The reference measurement procedures that are described in this standard require the use of a network analyzer, r.f. 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 analyzer test requirements

Usually, the input and output terminals of a network analyzer are unbalanced. R.F. transformers with balanced outputs (baluns) are required with unbalanced signal connections to the network analyzer.

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.

4.2.3 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.

NOTE The exact value of the common mode impedance is not critical for most measurements. Normally, a value of 75 Ω is used for unscreened cabling while a value of 25 Ω is used for screened cabling.

Resistor loads shall use resistors specified for $\pm 0,1 \%$ accuracy at d.c. and have a return loss greater than $40 - 10\log(f/100)$ where f is the frequency in megahertz (MHz). 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.



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).

Figure 1 – Resistor load

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.

4.2.4 Reference loads for calibration

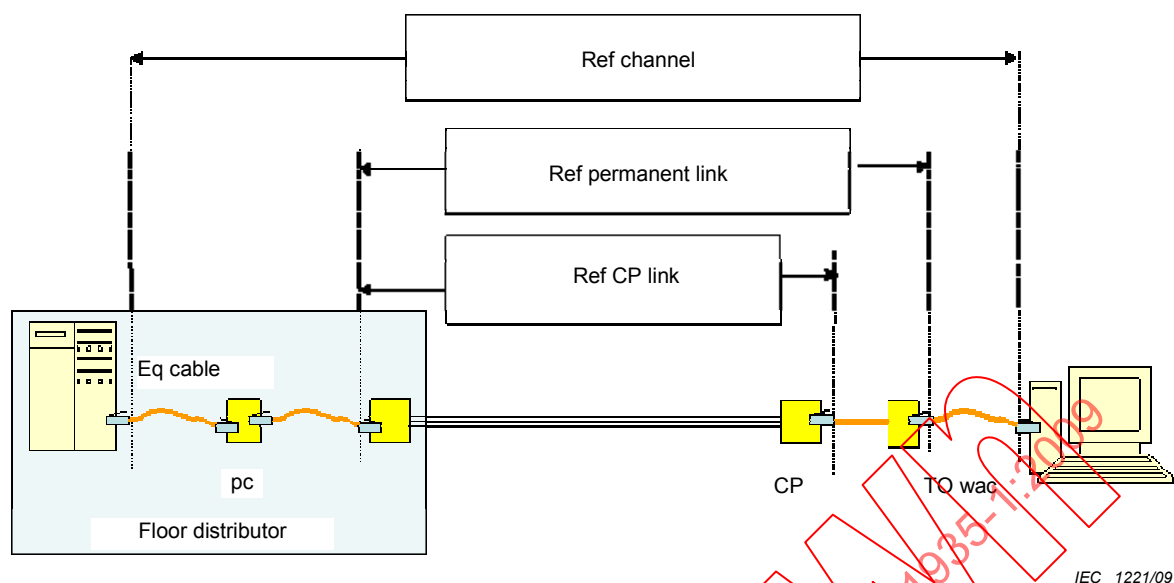
To perform a one or two-port calibration of the test equipment, a short circuit, an open circuit and an impedance termination are required. These devices shall be used to obtain a calibration at the reference plane.

The impedance 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, 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 centre conductor. A network analyzer 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 >40 dB at frequencies less than 100 MHz and $>40 - 10\log(f/100)$ at the higher frequencies for which the measurements are to be carried out.

4.2.5 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 (or equivalent) includes up to 90 m of horizontal cable, a work area equipment cord, a telecommunications outlet/connector, an optional transition 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 (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.



Key

Ref channel	reference planes for channel
Ref permanent link	reference planes for the permanent link
Ref CP link	reference planes for the CP link
TO	telecommunications outlet
CP	consolidation point
Eq cable	equipment cable
pc	patch cord
wac	work area cable

Figure 2 – Reference planes for permanent 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.

4.2.6 Coaxial cables and test leads for network analyzers

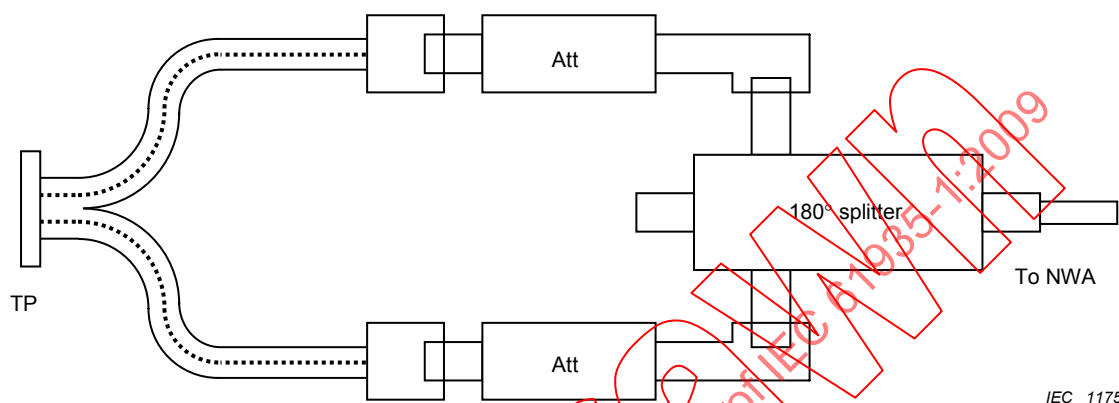
Coaxial cable assemblies between the network analyzer and baluns should be as short as possible. (It is recommended that they do not exceed 600 mm each). The coaxial cables shall be double screened. The baluns shall be attached to a common ground plane.

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 each balun and the reference plane of the

cabling under test. Pairs shall remain twisted from the baluns to where connections are made, and unscreened balanced test leads shall be separated by 5 mm from any ground plane.

4.2.7 Balun requirements

Two classes of baluns with different performance levels are defined. This is in order to facilitate measurements up to 1 GHz with commercially available baluns. The baluns may be balun transformers or 180° hybrids with attenuators to improve matching if needed (see Figure 3).



IEC 1175/05

Key

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

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 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 1.

Table 1 – 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 – 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz – 550 MHz 17,5 dB minimum 550 MHz – 600 MHz 10 dB minimum 600 MHz – 1 000 MHz	6 dB minimum
Return loss, Common mode ^b	15 dB minimum, 1 MHz – 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz – 400 MHz 15 dB minimum, 400 MHz – 600 MHz 10 dB minimum 600 MHz – 1 000 MHz	10 dB minimum
Power rating	0,1 W minimum	0,1 W minimum
Longitudinal balance ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	35 dB minimum
Output signal balance ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	35 dB minimum
Common mode rejection ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 10 dB minimum 600 MHz – 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 analyzer 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.		

4.2.8 Network analyzer measurement precautions

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

- the reference plane of the calibration shall coincide with the measurement reference plane; in case of differences, the magnitude of errors shall be determined;
- consistent and stable baluns and resistor loads shall be used for each pair throughout the test sequence (see 4.2.3);

- 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 and IC socket interfaces shall be made in such a way that conductor movement resulting from connection of different pairs to the network analyzer/baluns 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 analyzer 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.

4.2.9 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.

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.

4.3 DC loop resistance

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

4.3.1 Objective

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

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 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.

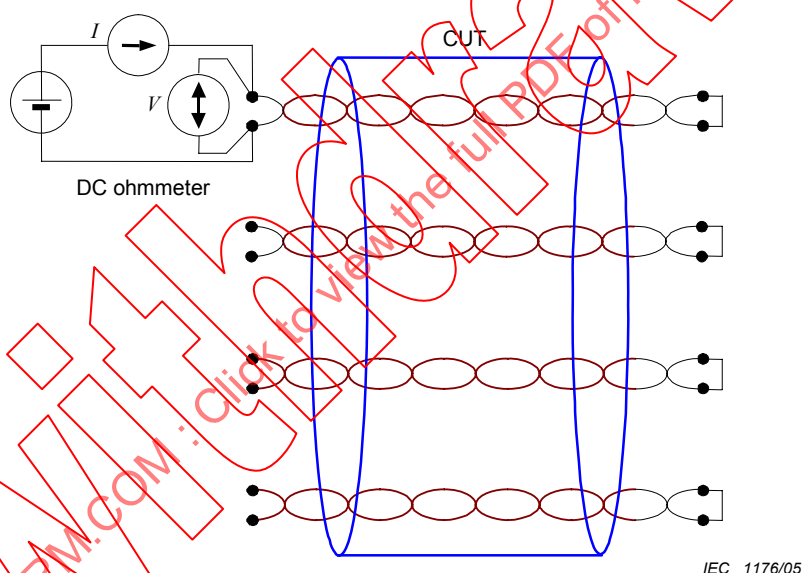
4.3.4 Procedure

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.

4.3.4.2 Measurement

The loop resistance for all four pairs shall be measured.



IEC 1176/05

Key

CUT	cabling under test
V	voltage applied to cabling under test
I	current applied to cabling under test
DC ohmmeter	d.c. ohmmeter

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 d.c. resistance measurements shall be less than 0,1 Ω in the range from 0 Ω to 50 Ω .

4.4 Direct current (d.c.) resistance unbalance

This test is applicable to laboratory cabling testing.

4.4.1 Objective

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

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 d.c. resistance unbalance is the ratio of the difference of the d.c. resistance of each wire within a pair related to the sum of the d.c. resistance of each wire

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \times 100 \quad (6)$$

where

ΔR is the resistance unbalance expressed in %.

4.4.3 Test equipment and set-up

A four terminal ohmmeter suitable for low resistance measurements shall be used.

4.4.4 Procedure

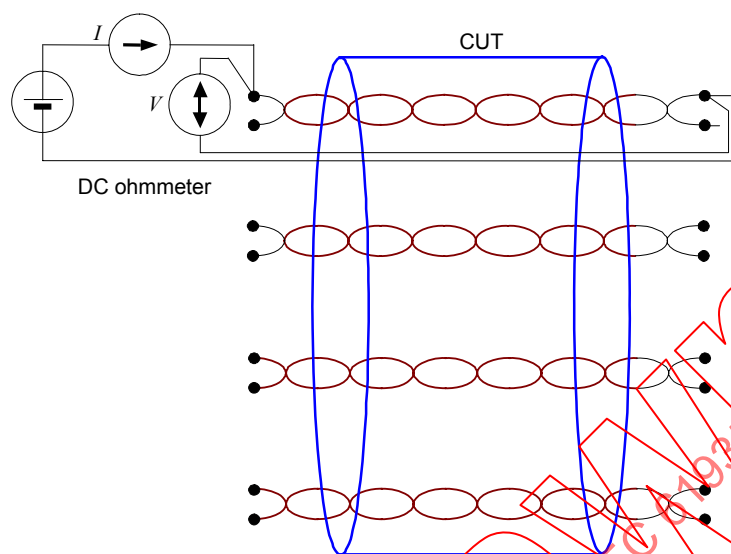
4.4.4.1 Calibration

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.

4.4.4.2 Measurement

Measure the d.c. resistance of each wire of a pair. Then calculate the d.c. resistance unbalance per Equation (6).

The d.c. resistance unbalance for all four pairs shall be measured.



Key

CUT	cabling under test
V	voltage applied to wire under test
I	current applied to wire under test
DC ohmmeter	d.c. ohmmeter

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 d.c. resistance unbalance measurements shall be less than 0,5 % + 0,05 Ω in the range from 0 Ω to 50 Ω .

4.5 Insertion loss

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.

4.5.1 Objective

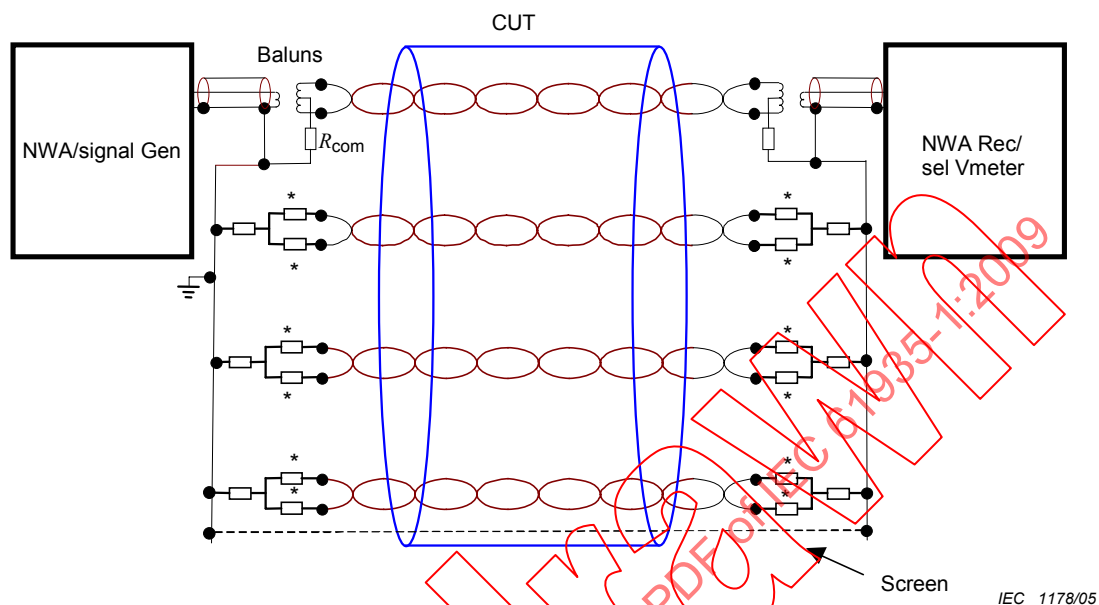
The objective of this test is to measure the insertion loss of the cabling being tested.

4.5.2 Test method

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

4.5.3 Test equipment and set-up

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



Key

CUT	cabling under test
NWA / Sig gen	signal generator of network analyzer or signal generator
NWA receiver / Sel Vmeter	receiver of network analyzer 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

4.5.4 Procedure

4.5.4.1 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.

4.5.4.2 Measurement

Calibrated insertion loss measurements of the cabling shall be performed. Each pair shall be measured. Pairs shall be terminated with loads according to 4.2.3 when not under test. The loads according to 4.2.3 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 no greater than 0,5 MHz up to 100 MHz and 5 MHz up to 1 000 MHz.

4.5.5 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.

4.5.6 Temperature correction

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

If it is not possible to conduct the measured 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 0,4 %/°C below 250 MHz and 0,6 %/°C above 250 MHz, see IEC 61156-5, IEC 61156-6, IEC 61156-7 and IEC 61156-8.

4.5.7 Uncertainty

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

4.6 Propagation delay and delay skew

The test method is applicable to cabling in a laboratory environment only. The reference test method cannot be used for installed cabling. Field testers use time domain reflectometry (TDR) methods. The performance of field propagation delay measurement accuracy is determined using comparisons with the reference test method described in this subclause.

4.6.1 Objective

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

4.6.2 Test method

Propagation delay is measured by determining the phase delay of a signal transmitted through the cabling using Equation (7).

$$\delta = \frac{\phi}{2\pi f} \quad (7)$$

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.

4.6.3 Test equipment and set-up

The set-up is the same as for insertion loss measurements (see 4.5.3). Insertion loss and delay can be measured in the same test with one sweep if the network analyzer can measure the complex scattering parameter, S21.

4.6.4 Procedure

4.6.4.1 Calibration

See 4.5.4.1.

4.6.4.2 Measurement

See 4.5.4.2, 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 . For compliant cabling, this is ensured by limiting frequency steps to 1,7 MHz or less. In order to assure an adequate margin, the frequency steps shall be no greater than 1 MHz.

4.6.4.3 Calculation

Some network analyzers give a readout of the continuous phase trace of the tested item. This readout can be directly inserted in Equation (8). It is usual for the network analyzer 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:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (8)$$

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 (7).

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

4.6.5 Test report

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

4.6.6 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.

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

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

4.7.1 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.

4.7.2 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.

4.7.3 Test equipment and set-up

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

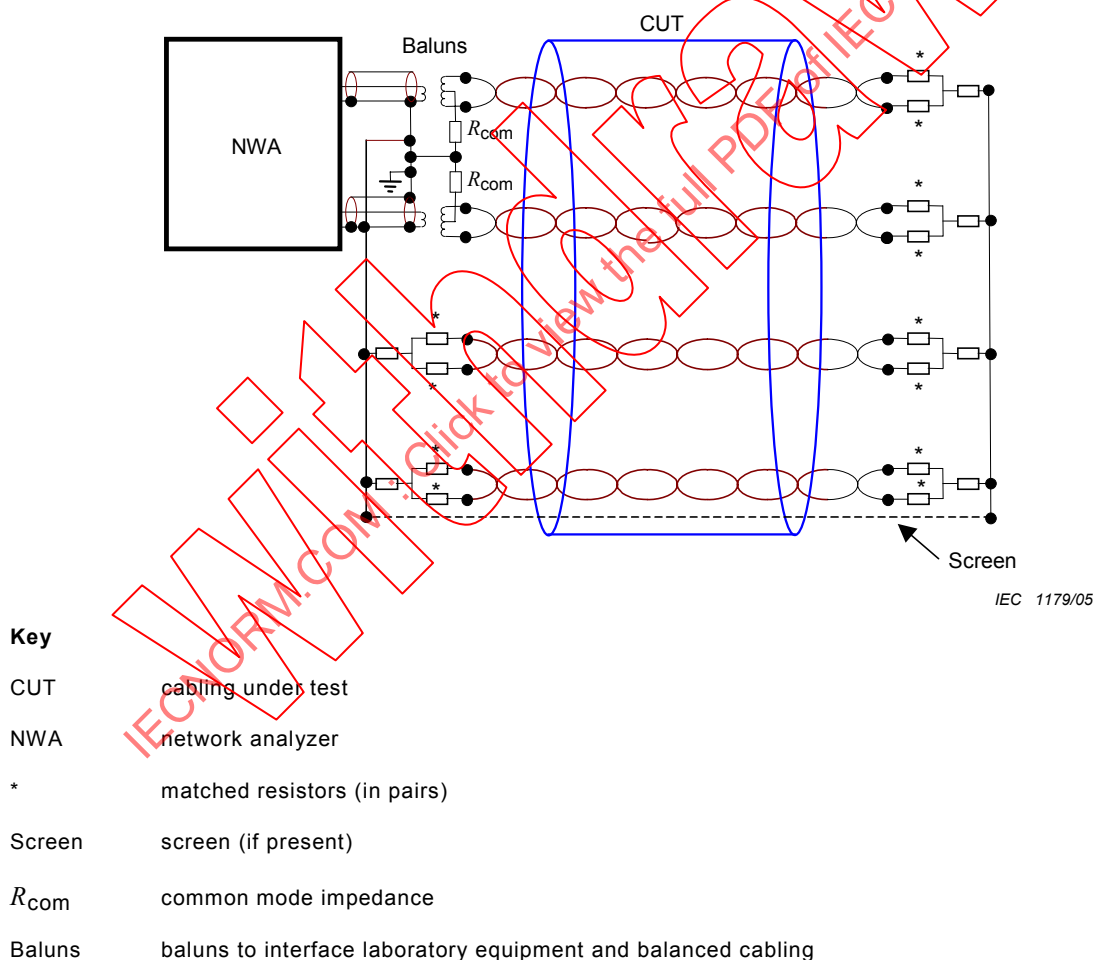


Figure 7 – NEXT test configuration

4.7.4 Procedure

4.7.4.1 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 4.2.3. 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.

4.7.4.2 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 cabling 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 4.2.3 when not under test. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.3. The cabling 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. 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 up to 100 MHz; 500 kHz up to 250 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

4.7.4.3 Calculation

NEXT is calculated from:

$$NEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21,i,k}| \quad (9)$$

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:

$$PSNEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1 \cdot NEXT_{i,k}} \right) \quad (10)$$

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;

4.7.5 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.

4.7.6 Uncertainty

The uncertainty of reference NEXT measurements is defined to be valid at the pass/fail limit for the class F permanent link. The measurement accuracy shall be better than 1 dB at 100 MHz, 1,2 dB at 250 MHz and 2 dB at 1 000 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 may be calculated and reported (see 5.5).

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

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

4.8.1 Objective

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

4.8.2 Test method

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

4.8.3 Test equipment and set-up

Refer to 4.5 and 4.7.

4.8.4 Procedure

Refer to 4.5 and 4.7.

4.8.4.1 Calculation

The ACR-N of disturbed pair k to disturbing pair i is calculated from Equation (11).

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (11)$$

where

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

$NEXT_{i,k}$ is the ACR-N 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.

4.8.5 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 ACR-N measurements are the calculated summed uncertainties of insertion loss and NEXT measurements and shall be calculated as shown in 4.2.9.

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

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.

4.9.1 Objective

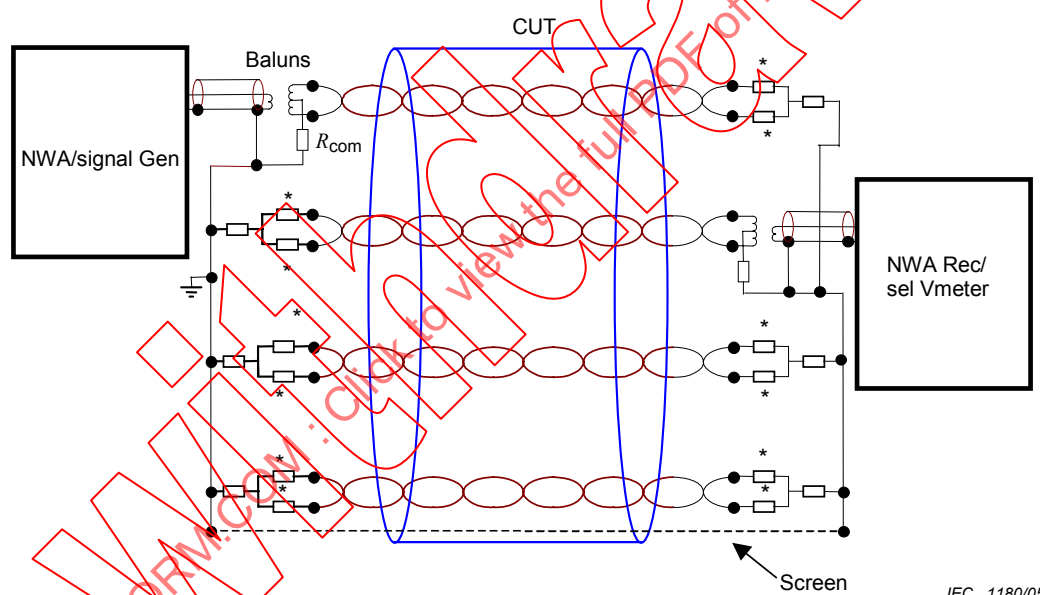
The objective of this test is to determine the coupling between a signal applied at the near end of one pair to the signal received at the far end on a different pair.

4.9.2 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.

4.9.3 Test equipment and set-up

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



IEC 1180/05

Key

CUT	cabling under test
NWA / Signal gen	signal generator of network analyzer or signal generator
NWA receiver / Sel Vmeter	receiver of network analyzer 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 analyzer may be used after determining that a ground connection that exists inside the network analyzer between source and load does not affect the result.

Figure 8 – FEXT test configuration

4.9.4 Procedure

4.9.4.1 Calibration

The method of calibration is the same as for NEXT (see 4.7.4.1).

4.9.4.2 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 4.7.4.2).

4.9.4.3 Calculation

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

$$FEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21_{i,k}}| \quad (12)$$

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.

$$PSFEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1 \times FEXT_{i,k}} \right) \quad (13)$$

where

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

n is the number of pairs;

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. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

4.9.6 Uncertainty of FEXT measurements

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

4.10 Equal level far end crosstalk (ELFEXT) and attenuation to crosstalk ratio, far end (ACR-F)

4.10.1 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

4.10.2 Calculation

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

$$ACRF_{i,k} = FEXT_{i,k} - IL_k \quad (14)$$

where

$ACRF_{i,k}$ 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 ELFEXT and 12 ACR-F results.

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

$$PSACRF_k = PSFEXT_k - IL_k \quad (15)$$

where

$PSACRF_k$ is the calculated power sum ACR-F to pair k in dB;

$PSFEXT_k$ 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 .

4.10.3 Test report

See 4.8.5.

4.10.4 Uncertainty

The uncertainty of ELFEXT and ACR-F measurements are the calculated summed uncertainties of insertion loss and FEXT measurements and shall be calculated as shown in 4.2.9.

4.11 Return loss

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

4.11.1 Objective

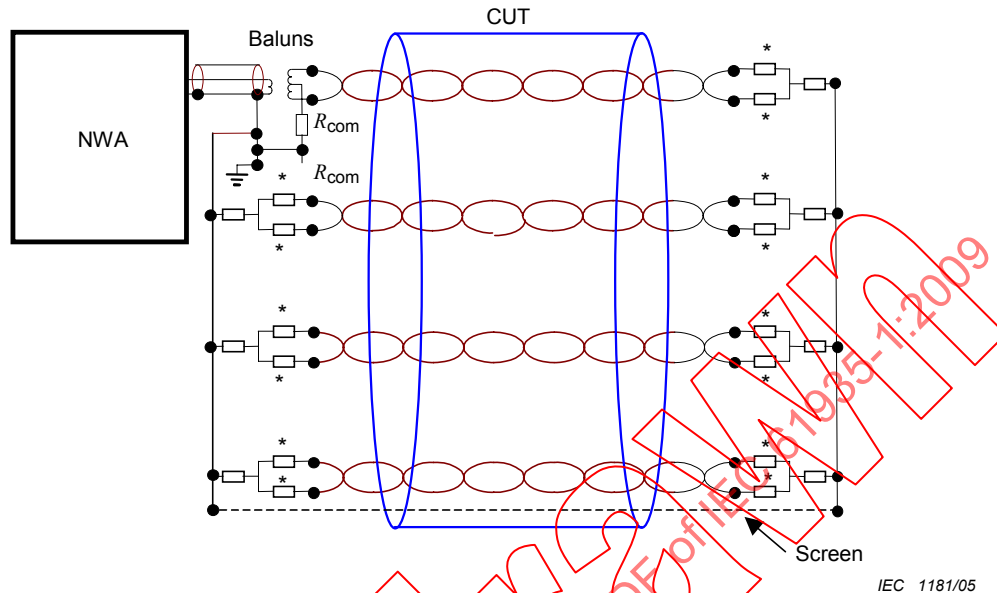
The objective of this test is to measure the return loss of the cable assembly.

4.11.2 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 4.2.3.

4.11.3 Test equipment and set-up

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



Key

CUT	cabling under test
NWA	network analyzer 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

4.11.4 Procedure

4.11.4.1 Calibration

A full one port (S11) calibration shall be performed at the reference plane.

4.11.4.2 Measurement

Each pair shall be measured. The far end of the cabling shall be terminated with loads according to 4.2.3, 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 4.2.3. The near end pairs may be left open when not under test.

Common mode loads are not needed. If the test instrument measures at discrete frequencies, the frequency steps shall be no greater than 250 kHz up to 100 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

Return loss for both ends of the cabling shall be measured, if required by the relevant detail specification.

4.11.5 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.

4.11.6 Uncertainty

The uncertainty is specified at the performance limit for a class F permanent link.

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

NOTE This is based on an accuracy of the reference load for calibration as specified in 4.2.4.

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

4.12.1 Objective

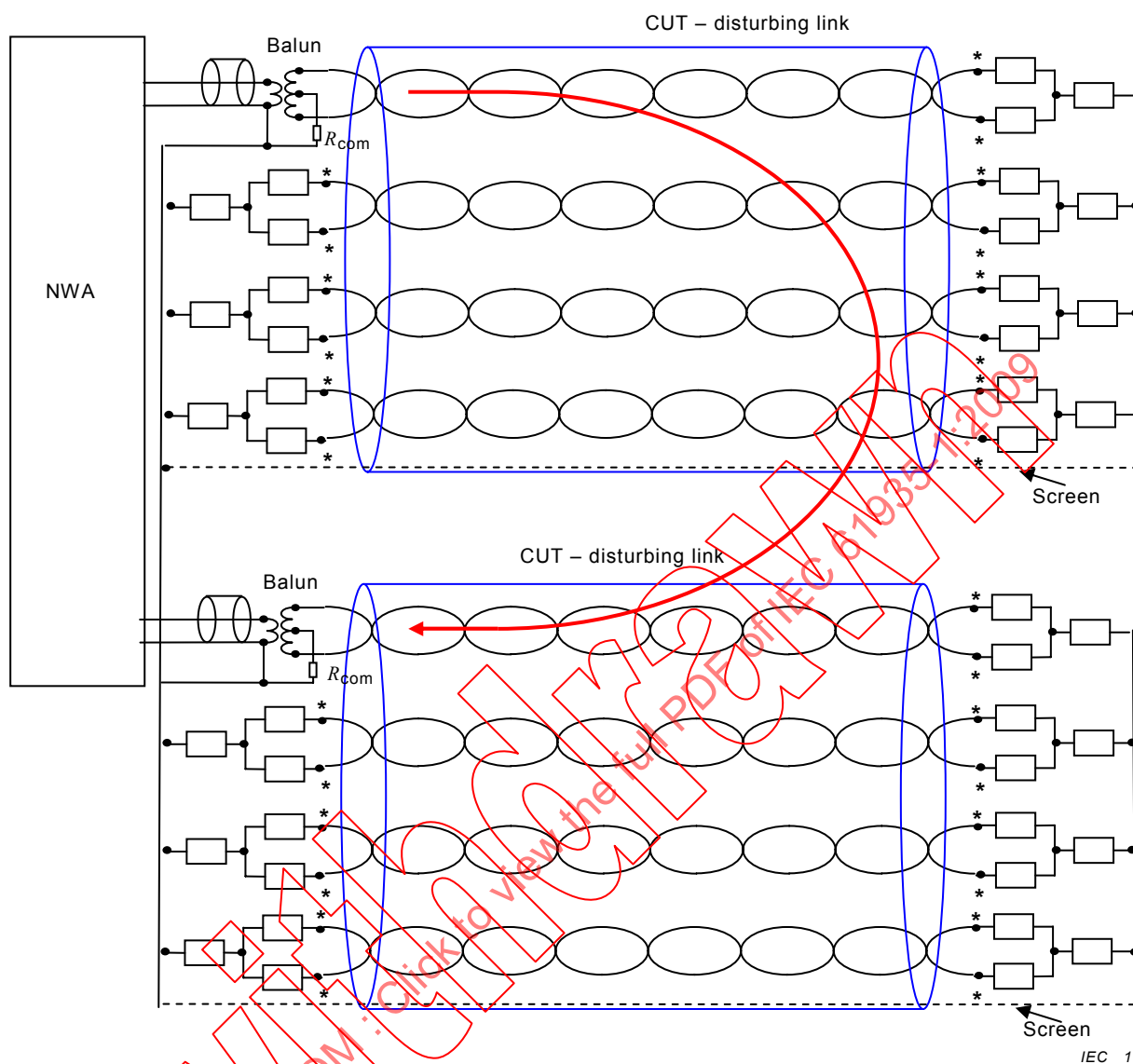
The objective of this test is to determine the PS ANEXT of the cabling. This test is applicable to cabling in a laboratory environment and for installed cabling. A sample laboratory reference measurement assembly is described in Annex B.

4.12.2 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.

4.12.3 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.



IEC 1222/09

Key

CUT – disturbing link	cabling under test – disturbing link
CUT – disturbed link	cabling under test – disturbed link
NWA	network analyzer
*	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

4.12.4 Procedure

4.12.4.1 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 5.4.7.4).

4.12.4.2 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 couple to each 4 pairs of the disturbed link). Therefore, the number of alien crosstalk measurements to be made is 16× 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 alien NEXT 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 4.2.3. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.3. 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. 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 up to 100 MHz; 500 kHz up to 250 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

4.12.4.3 Calculation

The PS ANEXT frequency response of pair k of a disturbed channel is computed per Equation (16).

$$PSANEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \frac{-\left(ANEXT_{k,i,j}(f)\right)}{10} \right) \quad (16)$$

where

- $PSANEXT_k(f)$ 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 (17).

$$PSANEXT_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PSANEXT_k(f) \quad (17)$$

4.12.4.4 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.

4.12.4.5 Uncertainty

The uncertainty of reference PS ANEXT measurements is defined to be valid at the pass/fail limit. The error equations as in 6.10 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.

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

4.13.1 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 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.

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

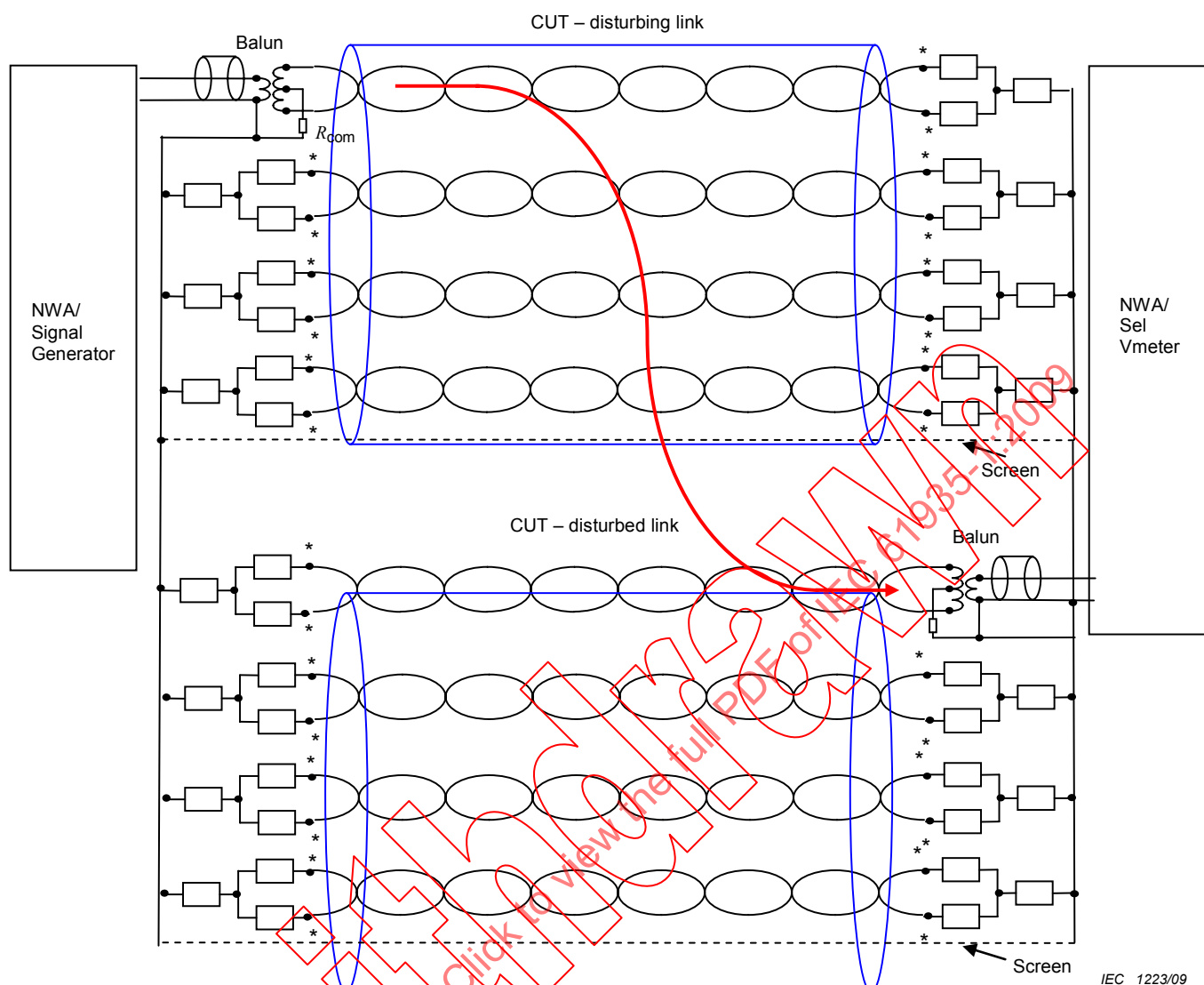
4.13.2 Test method

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.

4.13.3 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 1223/09

Key

CUT – disturbing link	cabling under test – disturbing link
CUT – disturbed link	cabling under test – disturbed link
NWA / Signal generator	signal generator of network analyzer or signal generator
NWA / Sel Vmeter	receiver of network analyzer 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

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

Figure 11 – Alien far end crosstalk measurement

4.13.4 Procedure

4.13.4.1 Calibration

A transmission (S21) 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 5.4.7.4.

4.13.4.2 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 4.7.4.2).

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 $16 \times$ 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 4.2.3. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.3. 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. 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 up to 100 MHz; 500 kHz up to 250 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

4.13.4.3 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 (18) and (19).

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

$$AFEXT_{norm,k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) + IL_k(f) - IL_{i,j}(f) - 10 \log \left(\frac{IL_k(f)}{IL_{i,j}(f)} \right) \quad (18)$$

Otherwise

$$AFEXT_{norm,k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) \quad (19)$$

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, the result of Equation (23) 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 (20).

$$PSAFEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-\left(AFEXT_{norm_{k,i,j}}(f)\right)}{10}} \right) \quad (20)$$

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 (21).

$$PSAACRF_k(f) = PSAFEXT_k(f) - IL_{avg}(f) \quad (21)$$

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 4.5.

The frequency response of the average insertion loss is computed per Equation (22).

$$IL_{\text{avg}}(f) = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 IL_n(f) \quad (22)$$

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 (23).

$$PSAFEXT_{\text{avg}}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PSAFEXT_k(f) \quad (23)$$

The frequency response of the average PS AACR-F in dB is computed per Equation (24).

$$PSAACRF_{\text{avg}}(f) = PSAFEXT_{\text{avg}}(f) - IL_{\text{avg}}(f) \quad (24)$$

where

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

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 AACR-F measurements is defined to be valid at the pass/fail limit. The error equations, as in 6.10.7, 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.

4.14 Unbalance attenuation, near end

This test is applicable to cabling in a laboratory environment.

4.14.1 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).

4.14.2 Test method

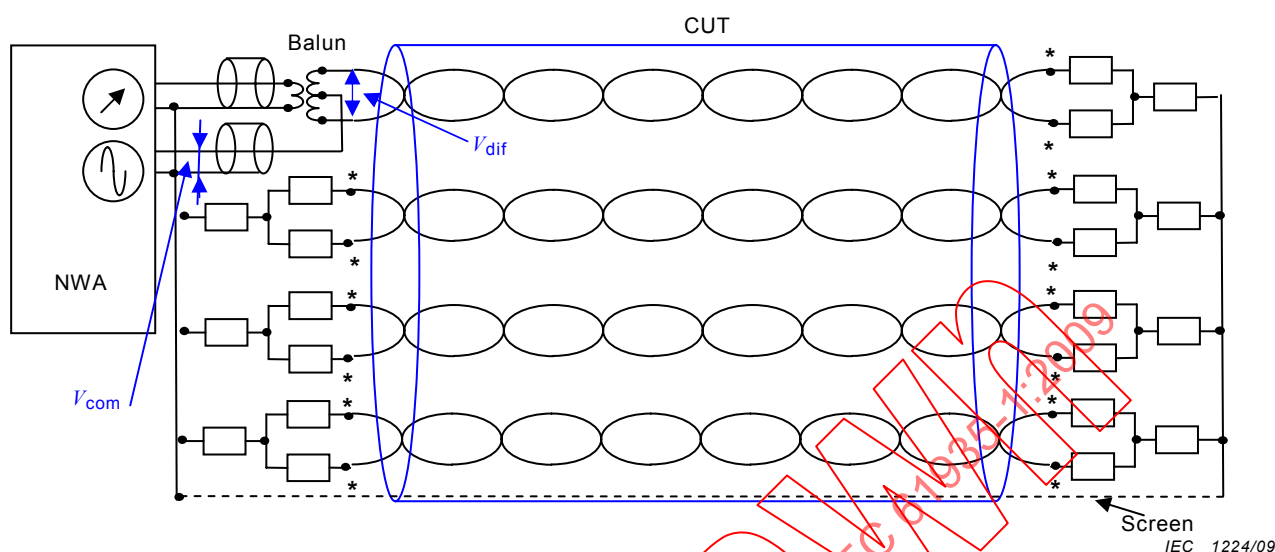
Unbalance attenuation, near end or TCL, is measured by calculating the ratio of differential mode power to common mode power on a pair within a cabling system, which is excited with differential mode power only.

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

4.14.3 Test equipment and set-up

The test configuration using baluns in the measurement is described in detail. Multi-port network analyzers 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 4.2.5.



Key

CUT	cabling under test
NWA	network analyzer 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

4.14.4 Procedure

4.14.4.1 Calibration

TCL calibration is performed in three steps. In a 4th step, the unbalance performance of the measurement balun is determined.

a) Step 1

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

b) 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 $IL_{bal, DM}$.

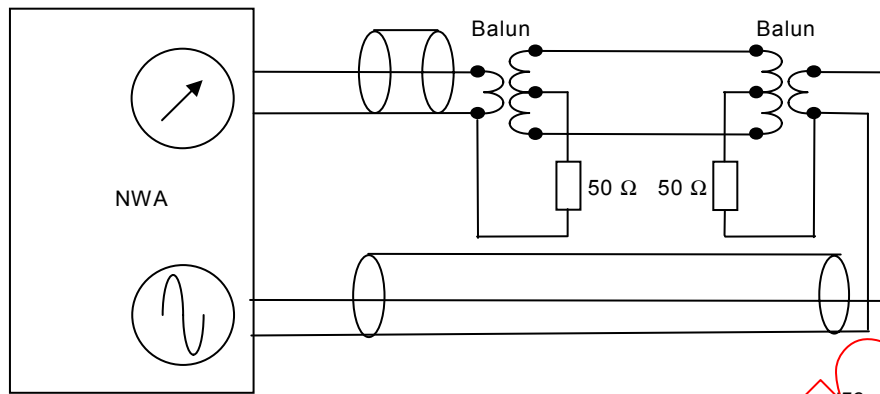


Figure 13 – Back-to-back balun differential mode insertion loss measurement

c) 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 $IL_{bal,CM}$.

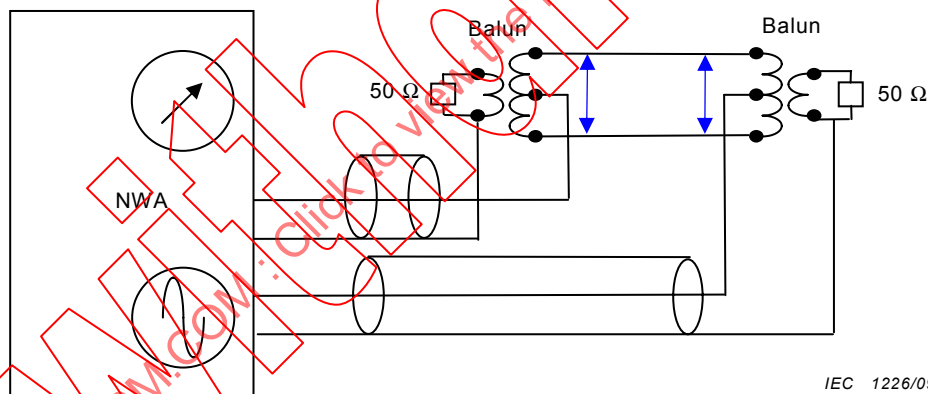
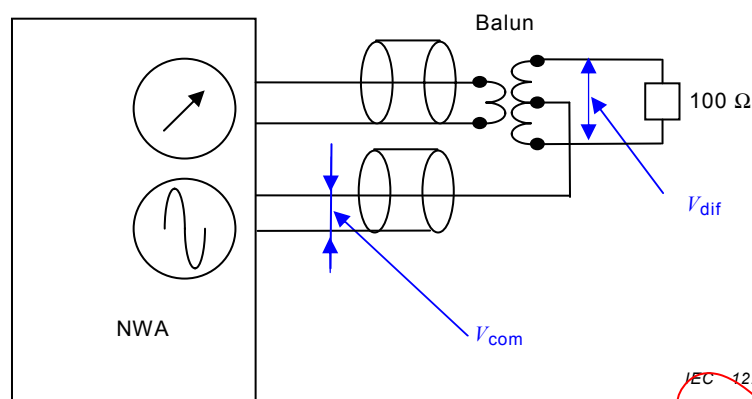


Figure 14 – Back-to-back balun common mode insertion loss measurement

d) 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 4.14.4.2.

**Key**

NWA	network analyzer 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**4.14.4.2 Measurement**

Each pair shall be measured from each end of the CUT. The far end of the cabling shall be terminated with loads according to 4.2.3, 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 4.2.3 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 (25).

$$TCL = IL_{\text{meas},TCL} - IL_{\text{bal},DM} - IL_{\text{bal},CM} \quad (25)$$

where

- TCL is the computed unbalance attenuation near end in dB;
- $IL_{\text{meas},TCL}$ is the measured loss (S21) 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.

4.14.5 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.

4.14.6 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 2.

Table 2 – 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

4.15 Unbalance attenuation, far end

This test is applicable to cabling in a laboratory environment.

4.15.1 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.

4.15.2 Test method

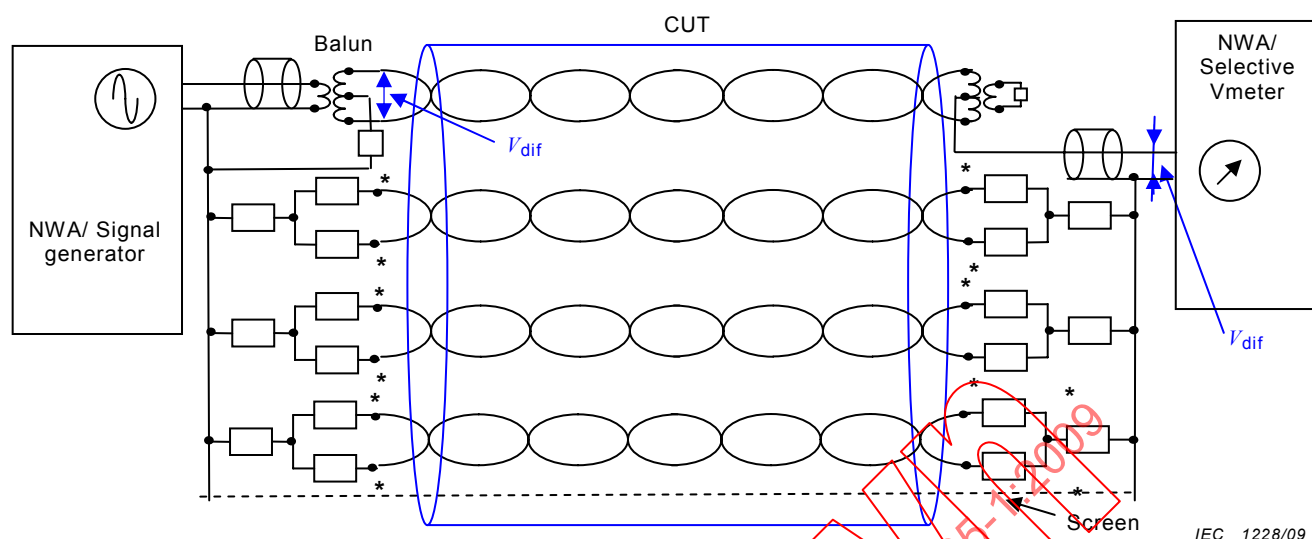
Unbalance attenuation, far end or ELTCTL is measured by calculating the ratio of differential mode power to common mode power in a cabling system, which is exited with differential mode power only. This value is the TCTL. The ELTCTL is obtained by subtracting the insertion loss of the CUT from TCTL.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

4.15.3 Test equipment and set-up

If both ends of the CUT are in close proximity, a network analyzer can be used for the TCTL measurement. If the ends of the CUT 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 analyzers 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 4.2.5.



IEC 1228/09

Key

CUT	cabling under test
NWA/Signal generator	network analyzer with S-parameter test set, signal port or a signal generator
NWA/Selective Vmeter	network analyzer with S-parameter test set, load port or a selective RF voltmeter
*	matched resistors (in pairs)
Screen	screen (if present)
Baluns	baluns 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**4.15.4 Procedure****4.15.4.1 Calibration**

The calibration for TCTL measurements shall follow the procedure outlined in 4.14.4.1 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 $IL_{bal,CM2}$.

4.15.4.2 Measurement

Each pair shall be measured from both ends of the cabling. Two ends of the same CUT 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 CUT shall be terminated with 100 Ω differential and 50 Ω common mode resistor terminations according to 4.2.3. There shall be a common ground at each end. If a network analyzer is used, the grounds of the two ends of the CUT 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 (26).

$$TCTL = IL_{\text{meas}, TCTL} - IL_{\text{bal}, DM1} - IL_{\text{bal}, CM2} \quad (26)$$

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 (27).

$$ELTCTL = TCTL - IL_{\text{CUT}} \quad (27)$$

where

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

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 baluns (other contributions to the uncertainty are disregarded); see Table 3.

Table 3 – 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

4.16 Coupling attenuation

Coupling attenuation measurements shall be conducted as per EN 50289-1-15.

5 Field test measurement requirements for electrical properties

5.1 General

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

The information contained in this clause uses the links defined in ISO/IEC 11801 (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 (or equivalent).

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

- 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 and F_A cabling.

This clause 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 this clause are acceptable. Methods to compare results reported by field test equipment with those obtained using laboratory methods are also described.

5.2 Cabling configurations tested

The cabling test configurations are described in 4.2.5.

5.3 Field test parameters

5.3.1 General

The following field test measurement parameters and related requirements have been specified in this standard:

- inspection of workmanship and connectivity testing;
- propagation delay;
- delay skew;
- length (not a pass/fail requirement parameter per ISO/IEC 11801);
- 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);
- equal level far end crosstalk (ELFEXT) or attenuation-to-crosstalk ratio, far end (ACR-F);
- ELFEXT, power sum (PS ELFEXT) or attenuation-to-crosstalk ratio, far end (PS ACR-F), power sum;
- return loss;
- d.c. loop resistance;
- power sum alien NEXT (PS ANEXT);
- power sum attenuation-to-alien crosstalk ratio, far end (PS AACR-F).

5.3.2 Inspection of workmanship and connectivity testing

5.3.2.1 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.

5.3.2.2 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 (or equivalent), and is illustrated in Figure 17 (for four pair cables).

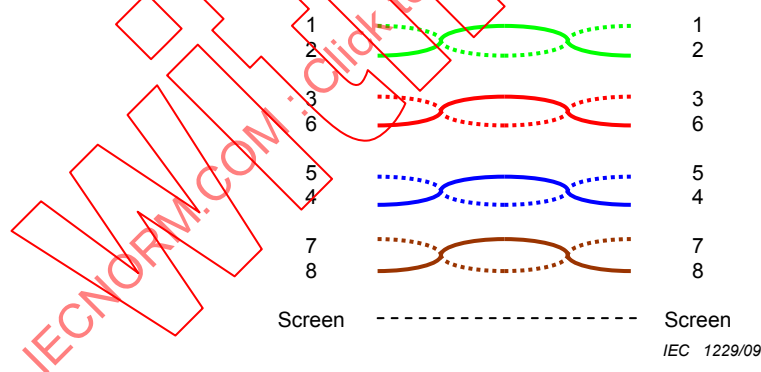


Figure 17 – Correct pairing

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.

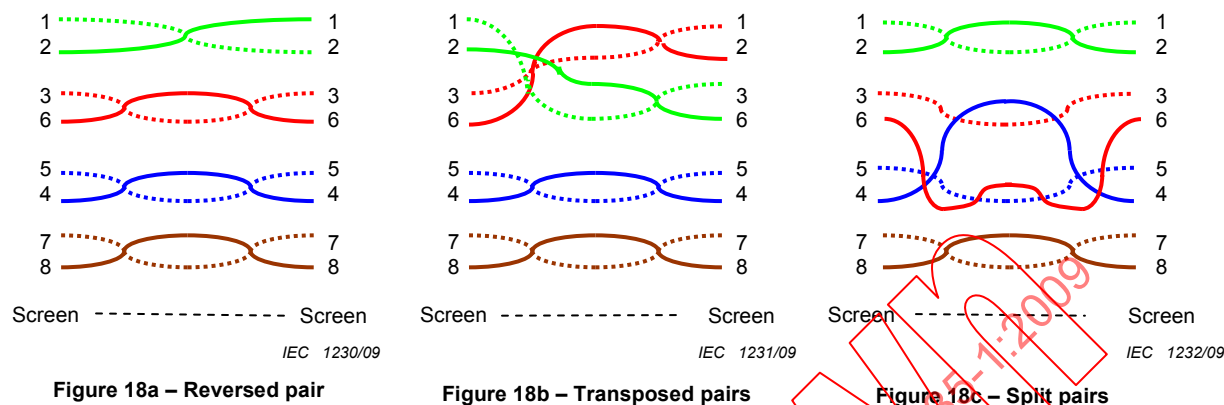


Figure 18 – Incorrect pairing

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

5.3.3 Propagation delay and delay skew

Propagation delay and delay skew may be determined from phase angle measurements and are 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 (or equivalent). With 2 m long test cords at each end, this additional propagation delay is 22 ns at 10 MHz.

5.3.4 Length

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

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.

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 of at least 15 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:

$$NVP = \frac{\text{Physical length}}{\text{Measured propagation delay} \times \text{Velocity of light in vacuum}} \quad (28)$$

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.

The maximum lengths of the channel and link are specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

5.3.5 Insertion loss

Insertion loss can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input 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 (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 4.5.6 for further information.

5.3.6 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:

$$PSNEXT_{12,dB} = -10 \log \left(\frac{10^{\frac{-NEXT_{1,2}-3,6}{10}} + 10^{\frac{-NEXT_{1,2}-4,5}{10}} + 10^{\frac{-NEXT_{1,2}-7,8}{10}}}{10} \right) \quad (29)$$

where all NEXT quantities are assumed to be expressed in positive units of dB.

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

5.3.7 ACR-N and power sum ACR-N

5.3.7.1 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 as follows:

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (30)$$

where

$ACRN_{i,k}$ is the computed ACR-N from disturbing pair i to disturbed pair k in dB;

i is the number of the disturbing pair;

k is the number of the disturbed pair;

$NEXT_{i,k}$ is the near end crosstalk loss coupled from pair i into pair k ;

IL_k is the insertion loss of pair k .

5.3.7.2 ACR-N, power sum

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

The PS ACR-N of disturbed pair k is computed as follows:

$$PSACRN_{i,k} = PSNEXT_{i,k} - IL_k \quad (31)$$

where

$PSACRN_{i,k}$ is the computed PS ACR-N from disturbing pair i to disturbed pair k in dB;

k is the number of the disturbed pair;

$PSNEXT_{i,k}$ is the power sum near end crosstalk loss of pair k in dB;

IL_k is the insertion loss of pair k .

5.3.8 ELFEXT, power sum ELFEXT, ACR-F, power sum ACR-F

ELFEXT and ACR-F (see 4.10) are computed from far-end cross-talk (FEXT) (see 3.7) 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.

For example, the ELFEXT for a disturbed pair 1,2 pair by a disturbing 3,6 pair is given by:

$$ELFEXT_{12-36} = FEXT_{12-36} - IL_{36} \quad (32)$$

where

$ELFEXT_{12-36}$ is the ELFEXT between disturbing pair 3,6 and disturbed pair 1,2 in dB;

$FEXT_{12-36}$ is the FEXT between disturbing pair 3,6 and disturbed pair 1,2 in dB;

IL_{36} is the insertion loss of disturbing pair 36 in dB.

The ACR-F for a disturbed pair 1,2 pair by a disturbing 3,6 pair is given by:

$$ACRF_{12-36, dB} = FEXT_{12-36, dB} - IL_{12, dB} \quad (33)$$

where

$ACRF_{12-36}$ is the ACR-F between disturbing pair 3,6 and disturbed pair 1,2 in dB;

IL_{12} is the insertion loss of disturbed pair 12 in dB.

Power sum ELFEXT is computed from the ELFEXT to a certain pair. For example, the power sum ELFEXT of the disturbed 1,2 pair is given by:

$$PSELFEXT_{12} = -10 \log \left(\begin{array}{c} \frac{- ELFEXT_{1,2-3,6}}{10} + \\ \frac{- ELFEXT_{1,2-4,5}}{10} + \\ \frac{- ELFEXT_{1,2-7,8}}{10} \end{array} \right) \quad (34)$$

where

$PSELFEXT_{12}$ is the PSELFEXT to disturbed pair 12 in dB.

All ELFEXT quantities are assumed to be expressed in positive units of dB.

Power sum ACR-F is computed from the ACR-F to a certain pair. For example, the power sum ACR-F of the disturbed 1,2 pair is given by:

$$PSACRF_{12} = -10 \log \left(\begin{array}{c} \frac{-ACRF_{1,2-3,6}}{10} \\ \frac{-ACRF_{1,2-4,5}}{10} \\ \frac{-ACRF_{1,2-7,8}}{10} \end{array} \right) + \quad (35)$$

where

$PSACRF_{12}$ is the computed PS ACR-F to disturbed pair 12 in dB.

All 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 (or equivalent). ELFEXT and PS ELFEXT limits are assumed to be identical to those for ACR-F and PS ACR-F respectively.

5.3.9 Return loss

Return loss (see 3.16) 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 (or equivalent).

5.3.10 Direct current (d.c.) loop resistance

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

5.4 Power sum alien crosstalk

5.4.1 Objective

This clause 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. Reported in-field alien crosstalk measurements should have an additional margin to the limit reflecting that the selection of test links may not be absolute worst case. The port selection procedure and test requirements specified in this clause 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.

5.4.2 Test method

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

5.4.3 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.

5.4.4 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 19. 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 standard. 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.

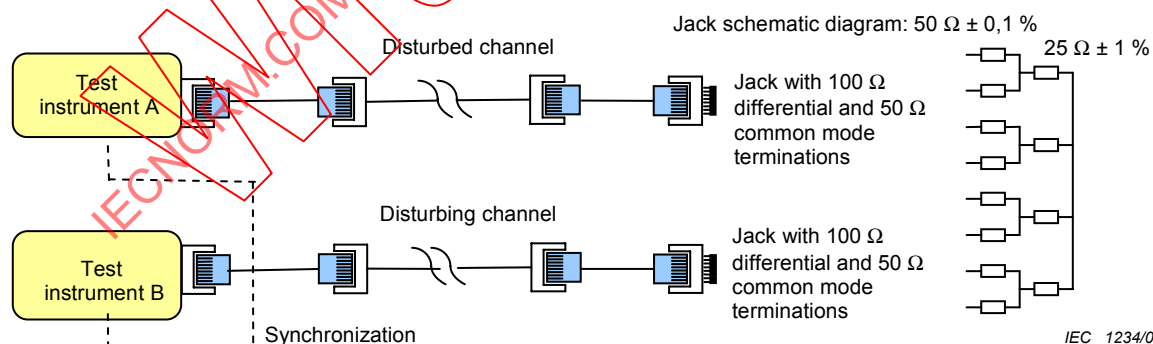


Figure 19 – Schematic diagram to measure channel ANEXT loss

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 19. 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.

5.4.5 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 20. 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 standard. 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.

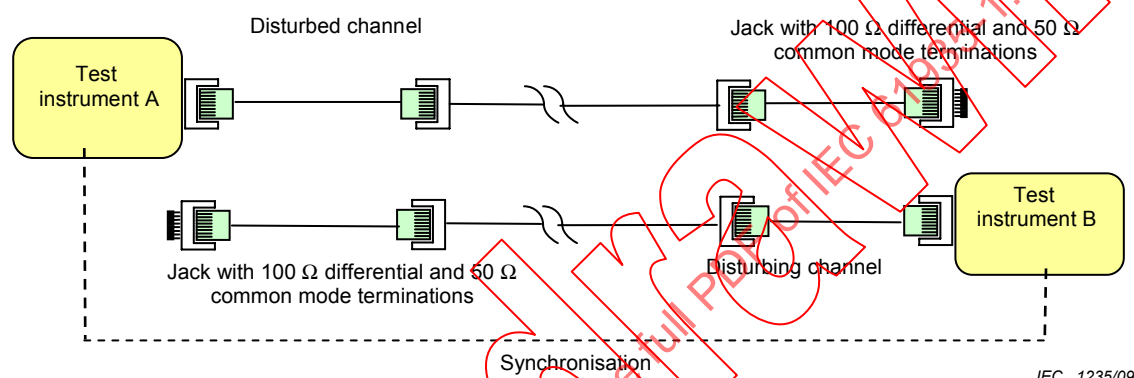


Figure 20 – AFEXT loss measurement test configuration

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 20 if the AFEXT contribution from the user patch cords is demonstrated to be insignificant relative to other AFEXT contributions within the channel.

5.4.6 Procedure

5.4.6.1 Calibration

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

5.4.7 Calculation of PS ANEXT and PS AACR-F from measured data

The processing of the measured ANEXT or AFEXT data follows the following steps.

5.4.7.1 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.

5.4.7.2 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. Refer to 5.4.7.3 for a detailed description of computations.

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

5.4.7.3 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 (36).

$$PSANEXT_{X,1} = -10 \log \left(10^{-0,1ANEXT_{X,1,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,2,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,3,1}} + 10^{-0,1ANEXT_{X,4,1}} \right) \quad (36)$$

where

X is a pair in the disturbed channel or link;

$PSANEXT_{X,1}$ 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

$$PSANEXT_{X,total} = -10 \log \left(10^{-0,1PSANEXT_{X,1}} + 10^{-0,1PSANEXT_{X,2}} \right) \quad (37)$$

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

$$NORM_{X,Y,1} = IL_X - IL_{Y,1} - 10 \log \left(\frac{IL_X}{IL_{Y,1}} \right) \quad (38)$$

otherwise

$$NORM_{X,Y,1} = 0 \quad (39)$$

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 (41) or (42), 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 may be used.

NOTE 2 For the determination of the normalization, the average of all pairs of the disturbed link may be used for IL_X and the average of all pairs of the disturbing link may 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 (41), for IL_X and $IL_{Y,1}$, the values at 250 MHz may 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, the result of Equation (42) is used in all cases.

The normalized AFEXT value is given by

$$AFEXT_{norm_{X,Y,1}} = AFEXT_{X,Y,1} + NORM_{X,Y,1} \quad (40)$$

The PS AFEXT loss in dB is calculated by Equation (41).

$$PSAFEXT_{X,1} = -10 \log \left(\begin{matrix} 10^{-0,1AFEXT_{norm_{X,1,1}}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm_{X,2,1}}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm_{X,3,1}}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm_{X,4,1}}} \end{matrix} \right) \quad (41)$$

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,

$AFEXT_{norm_{X,Y,1}}$ 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 (42).

$$PSAFEXT_{X,total} = -10 \log \left(10^{-0,1PSAFEXT_{X,1}} + 10^{-0,1PSAFEXT_{X,2}} \right) \quad (42)$$

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 (43).

$$PSAACR - F_{X,\text{total}} = PSAFEXT_{X,\text{total}} - IL_X \quad (43)$$

5.4.7.4 Applying the correction for the measurement floor

The frequency response for a large number of PS alien crosstalk floor measurements (Nps) may be used to correct the measured PS ANEXT and PS AFEXT results. Refer to 6.8 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 Npp and the number of alien crosstalk measurements in the PS alien crosstalk floor measurements is 4·Nps, then the estimated measurement floor contribution to the overall PS alien crosstalk is $10 \cdot \log(4 \cdot Nps / Npp)$. The measurement floor contribution to the overall PS alien crosstalk result is given in Equation (44).

$$PSAXtalk_{\text{floor}, Npp}(f) = PSAXtalk_{\text{floor}, 4Nps}(f) + 10 \log \left(\frac{4 \cdot Nps}{Npp} \right) \quad (44)$$

The corrected PS alien crosstalk is computed as in Equation (45).

$$PSAXtalk_{\text{final}}(f) = -10 \log \left(10^{-0,1 PSAXtalk_{\text{floor}, 4Nps}(f)} - 10^{-0,1 PSAXtalk_{\text{floor}, Npp}(f)} \right) \quad (45)$$

The corrected PS AXtalk results shall be used to test against pass/fail limits.

5.4.8 Selection of test ports

The following port selection procedure shall be applied as a minimum.

5.4.8.1 Selection of disturbed links

The number of disturbed links to be tested for ISO/IEC 11801 compliance shall be specified in a quality plan as defined in ISO/IEC/TR 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.

5.4.8.2 Selection of disturbing links

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;
- those that occupy adjacent positions to the left, right, above and below connections on the disturbed link on patch panels or multiple outlets.

5.4.8.3 Procedure

A flow chart of the alien crosstalk test procedure is shown in Figure 21.

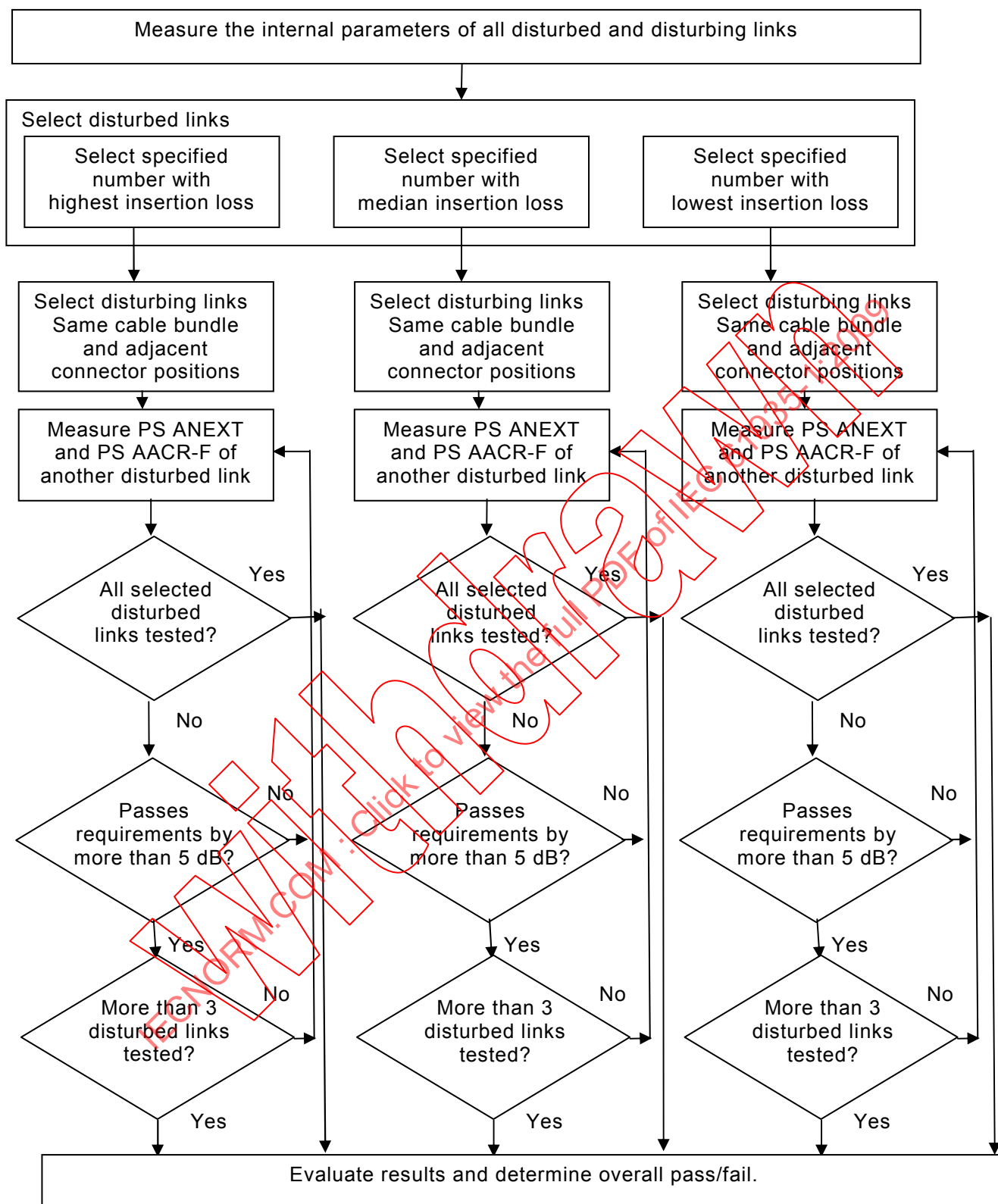


Figure 21 – Flow chart of the alien crosstalk test procedure

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.

NOTE 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.

5.4.9 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.

5.4.10 Uncertainty of PS alien crosstalk measurements

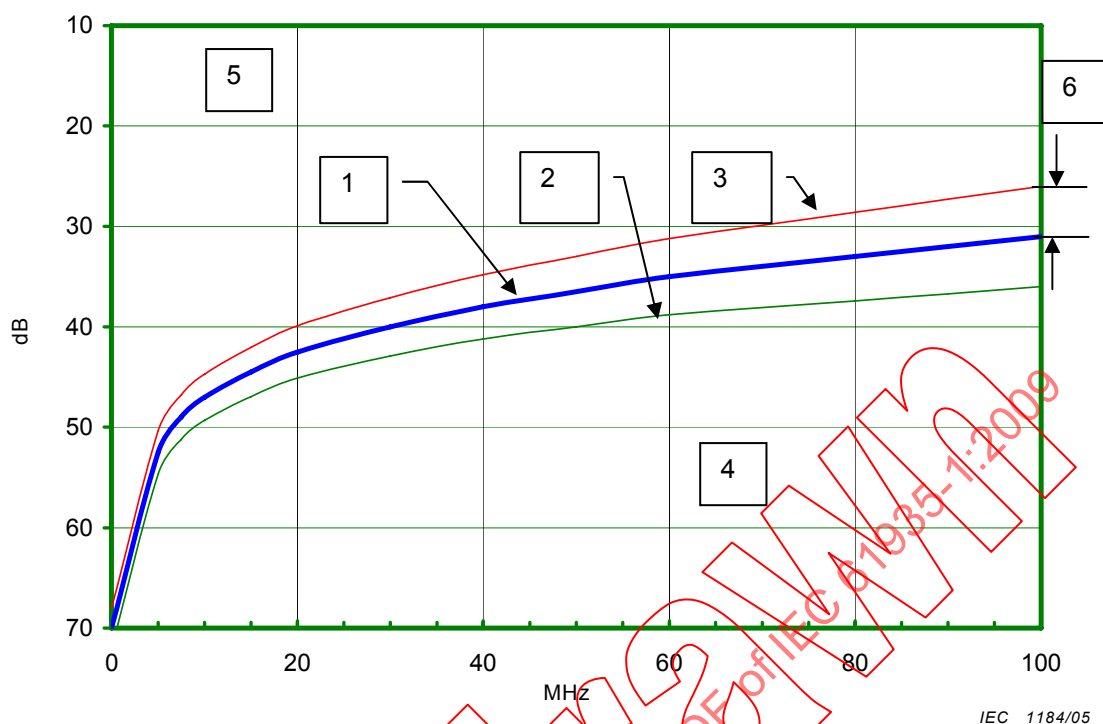
The error equation that is applicable to PS NEXT is also applicable to PS ANEXT and PS AFEXT, except that the random noise floor degrades 3 dB for every doubling of the number of ANEXT results that is contained in a PS ANEXT result.

5.5 Data reporting and accuracy

5.5.1 General

A pass or fail result for each parameter shall be determined by the allowable limits for that parameter. 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 22). 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.



Key

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

Figure 22 – Example of equipment tolerance region (NEXT)

NOTE Figure 22 shows an example of a measurement tolerance above and below the NEXT pass/fail test limit. The green and red 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 but below the red line, the measurement is marked with a FAIL*. If the measurement falls within the region below the test limit but above the green line, 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 5.5.2 and provide summary results as described in 5.5.3.

5.5.2 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.

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 shield 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;
- ELFEXT or ACR-F at local end;
- ELFEXT or ACR-F, at remote end power sum;
- return loss, measured from local end;
- return loss, measured from remote end;
- propagation delay;
- delay skew;
- d.c. loop resistance;
- PS ANEXT;
- PS AACR-F.

5.5.3 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 4 and Table 5.

Table 4 – Summary of reporting requirements for field test equipment

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 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 (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
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 4 (continued)

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 NOTE 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 NOTE 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) NOTE 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) NOTE 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

Table 4 (continued)

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)
ELFEXT or ACR-F	Worst case ELFEXT or ACR-F (1 of 24 possible) Test limit at worst case ELFEXT/ACR-F Frequency at worst case ELFEXT/ACR-F Pair combination at worst case ELFEXT/ACR-F (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case ELFEXT/ACR-F margin Test limit at worst case ELFEXT/ACR-F margin Frequency at worst case ELFEXT/ACR-F margin Pair combination at worst case ELFEXT/ACR-F margin (disturbing, disturbed) PASS/FAIL	
ELFEXT power sum or ACR-F power sum	Worst case power sum ELFEXT or ACR-F (1 of 8 possible) Test limit at worst case power sum ELFEXT/ACR-F Frequency at worst case power sum ELFEXT/ACR-F Pairs at worst case power sum ELFEXT/ACR-F (disturbing, disturbed) PASS/FAIL Worst case power sum ELFEXT/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 ELFEXT/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	

Table 4 (concluded)

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)
Delay skew	Worst case delay skew (1 of 1 possible) Test limit of delay skew PASS/FAIL	
DC loop resistance	Worst case d.c. loop resistance (1 of 4 possible) Test limit of d.c. loop resistance PASS/FAIL	

5.5.4 Reporting requirements for power sum alien crosstalk

Table 5 – Minimum reporting requirement 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

5.5.5 General

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

5.5.6 Consistency checks for field testers

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

5.5.6.1 Repeatability of tests on a reference link

The owner 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.

5.5.6.2 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.

5.5.7 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.

5.5.8 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.

5.5.9 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 5.5.6).

The recommended minimum periodicity is 100 insertions.

5.5.10 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 and IV field test equipment. Each accuracy level has its own set of performance requirements which are described in this clause.

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 6.11. 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 6.10 shall be in harmony with the observed measurement accuracy as described in 6.11.

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, and class F for level IV.

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 exhibit 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 may specify improved measurement accuracy, and use this improved measurement accuracy to reduce the uncertainty band as depicted in Figure 22.

The actual accuracy specified by instrument manufacturers is called “nominal accuracy” and equals approximately ½ of the worst case accuracy as reported in Table 6 through Table 10.

Table 6 – Worst case propagation delay, delay skew, d.c. resistance and length measurement accuracy for level IIE, level III and level IV test instruments

Test parameter Level IIE, III, IV	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 7 – 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 8 – 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 9 – 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
Frequency									
	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 10 – Worst case insertion loss, NEXT, ACR-N, ELFEXT/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
Frequency									
	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	1,9	2,8	3,7	2,5	3,6	4,7	3,8	4,8	5,4
Power sum NEXT	2,0	2,9	3,8	2,7	3,8	4,9	4,3	5,1	5,7
ACR-N	2,3	3,5	4,4	2,9	4,4	5,5	4,3	5,5	6,2
Power sum ACR-N	2,4	3,6	4,4	3,1	4,5	5,6	4,7	5,9	6,5
ELFEXT/ACR-F	2,2	3,5	4,5	2,7	4,4	5,6	2,9	4,8	5,9
Power sum ELFEXT/ACR-F	2,3	3,6	4,6	2,9	4,6	5,8	3,1	5,0	6,0
Return loss	2,8	2,5	2,4	3,3	3,2	3,1	2,7	2,8	2,8

For measurement accuracies above 600 MHz, refer to 6.7.

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

The measurement accuracy requirements for propagation delay, delay skew, and length for level IIE, level III, level IIIE and level IV field testers are identical and shown in Table 11.

Table 11 – Propagation delay, delay skew, d.c. resistance and length accuracy performance specifications

Performance parameter	Propagation delay	Delay skew	DC resistance	Length ^a
Range	0 μ s to 1 μ s 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	$\pm(5 \text{ ns} + 4 \%)$	$\pm 10 \text{ ns}$	$\pm(1 \Omega + 1 \%)$	$\pm(1 \text{ m} + 4 \%)$
^a Length is not a pass/fail measurement parameter per ISO/IEC 11801. The length accuracy is relative to the NVP calibration.				

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 (see Table 12). 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 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 22.

Table 12 – 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	Units
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 – 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F and return loss: 1 MHz – 100 MHz; 1 MHz – 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz – 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 – 5 MHz: 15 dB 5 MHz– 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	1 MHz – 10 MHz: 30 dB 10 MHz – 100 MHz: 30 MHz – 2 log($f/10$) (see condition 7 below)	25 dB (see condition 8 below)		dB
Source match	20 dB (see condition 7 below)	18 – 20 log($\frac{f}{100}$) 20 dB max. (see condition 8 below)		dB
Return loss of termination	1 MHz – 5 MHz: 23 dB 5 MHz – 100 MHz: 35 – 1,5√ f (see condition 7 below)	1 MHz – 5 MHz: 22 dB 5 MHz – 100 MHz: 15 – 20 log($\frac{f}{100}$), 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 (see Table 13). 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 22.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2009

Withd 2009

Table 13 – 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	Units
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 – 100 MHz: 1 MHz NEXT, ELFEXT, ACR-F and return loss: 1 MHz – 100 MHz; 1 MHz – 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz – 100 MHz: 250 kHz 100 MHz – 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(<i>f</i> /100), 20 dB max.	18 – 12,5 log(<i>f</i> /100), 20 dB max.		dB
Random noise floor	75 – 15 log(<i>f</i> /100), 85 dB max.			dB
Residual NEXT	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	60 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	54 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	dB
Residual FEXT	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	43,1 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	dB
Output signal balance	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)	37 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)		dB
Common mode rejection	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)	37 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)		dB
Tracking	± 0,5 dB			dB
Directivity	27 – 7log(<i>f</i> /100), 30 dB max.	25 – 20 log(<i>f</i> /100), 25 dB max.		dB
Source match	20 dB	20 – 20 log(<i>f</i> /100), 20 dB max.		dB
Return loss of termination	25 – 15log(<i>f</i> /100), 25 dB max.	16 – 15 log(<i>f</i> /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 60603-7-4 (unshielded) and IEC 60603-7-5 (shielded). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.11.3. 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 60603-7-4 (unshielded) and IEC 60603-7-5 (shielded). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.11.3. 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 (see Table 14). 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 22.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2009

Withd2Wm

Table 14 – Level IIIE field tester accuracy performance parameters per IEC guidelines

Parameter	Baseline field tester	Field tester with level IIIE link adapter	Field tester with level IIIE channel adapter	Units
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 – 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz – 100 MHz: 250 kHz 100 MHz – 250 MHz: 500 kHz 250 MHz – 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(<i>f</i> /100), 20 dB max., 12,5 dB min.	18 – 12,5 log(<i>f</i> /100), 20 dB max., 12 dB min.		dB
Random noise floor	100 – 15 log(<i>f</i> /100) 90 dB max.	95 – 15 log(<i>f</i> /100),	85 dB max.	dB
Residual NEXT	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	60 – 20 log(<i>f</i> /100) (see conditions 5 and 7 below)	54 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	dB
Residual FEXT	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	65 – 20 log(<i>f</i> /100) (see conditions 5 and 8 below)	43,1 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 5 below)	dB
Output signal balance	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)	37 – 20 log(<i>f</i> /100)		dB
Common mode rejection	40 – 20 log(<i>f</i> /100) (see condition 6 below)	37 – 20 log(<i>f</i> /100)		dB
Tracking	± 0,5 dB	1 MHz – 250 MHz: ± 0,5 dB 250 MHz – 500 MHz: ± {0,5 + 0,000 667× (<i>f</i> -250)} dB		dB
Directivity	(applicable when IL > 3 dB) 1 MHz – 300 MHz: 27 – 7log(<i>f</i> /100), 30 dB max. 300 MHz – 500 MHz: 23,7 dB	25 – 20 log(<i>f</i> /100), 25 dB max., 15 dB min.		dB
Source match	20 dB	20 – 20 log(<i>f</i> /100), 20 dB max., 12 dB min.		dB
Return loss of termination	(applicable when IL > 3 dB) 20 – 15log(<i>f</i> /100), 25 dB max., 12,5 dB min.	16 – 15 log(<i>f</i> /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.				

Table 14 (continued)

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 60603-7-4 (unshielded) and IEC 60603-7-5 (shielded). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.11.3. 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 60603-7-4 (unshielded) and IEC 60603-7-5 (shielded). Compliance with this requirement can also be demonstrated by performing a comparison test as in 6.11.3. 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 and 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 22.

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 15 – 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	Unit
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 – 31,25 MHz: 150 kHz 31,25 MHz – 100 MHz: 250 kHz 100 MHz – 250 MHz: 500 kHz 250 MHz – 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 – 300 MHz: $20 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max. 300 MHz – 600 MHz: 14 dB	1 MHz – 300 MHz: $18 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max. 300 MHz – 600 MHz: 12 dB	1 MHz – 300 MHz: $18 - 12,5 \log(f/100)$, 20 dB max. 300 MHz – 600 MHz: 12 dB	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)	$72,4 - 15 \log(f/100)$ (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)	$60 - 15 \log(f/100)$ (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 – 600 MHz: 23,7 dB	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log(f/100)$, 30 dB max. (see condition 6 below) 300 MHz – 600 MHz: 21,7 dB	1 MHz to 300 MHz $25 - 7 \log(f/100)$, 30 dB max. (see condition 6 below) 300 MHz – 600 MHz: 21,7 dB	dB
Source match	20 dB (see condition 6 below)			dB
Return loss of termination	1 MHz – 250 MHz: $20 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max. (see condition 6 below) 250 MHz – 600 MHz: 14 dB	1 MHz – 250 MHz: $18 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max. (see condition 6 below) 250 MHz – 600 MHz: 12 dB	1 MHz – 250 MHz: $18 - 15 \log(f/100)$, 25 dB max. (see condition 6 below) 250 MHz – 600 MHz: 12 dB	dB

Table 15 (continued)

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 IV field testers over 600 MHz

The level IV requirements shall apply to measurements of class F_A cabling up to 600 MHz, and pass/fail evaluation criteria shall apply. Measurement data over 600 MHz shall be provided for information only. Detailed requirements over 600 MHz are for further study.

6.8 Field tester requirements applicable to alien crosstalk measurements

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

In addition, the measurement floor of the test device shall exceed the values in Equation (46).

$$\text{Measurement floor} \geq 95 - 20 \lg \left(\frac{f}{100} \right), \text{ 95 dB maximum} \quad (46)$$

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 5.4.7.4 for more information.

6.9 Procedures for determining field tester parameters

6.9.1 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.

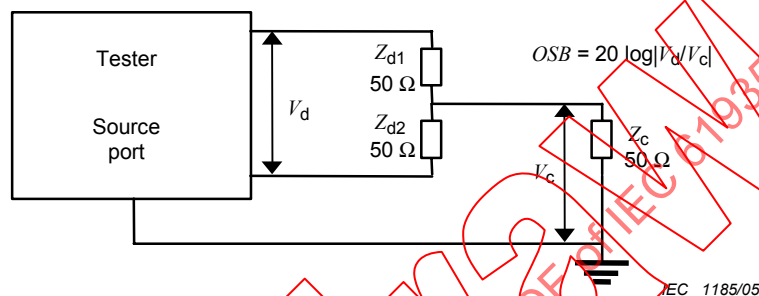
The field test equipment parameters shall be verifiable by independent parties. The field test equipment shall include functionality to make independent verification possible. The field tester manufacturers shall make them available to independent parties for measurement purposes. Elaborate laboratory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

6.9.2 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 (see Figure 23) 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.



Key

Tester	field tester
Source port	output port connected to the cabling
<i>OSB</i>	output signal balance
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 $\frac{1}{4} (Z_{d1} + Z_{d2}) + Z_c$	

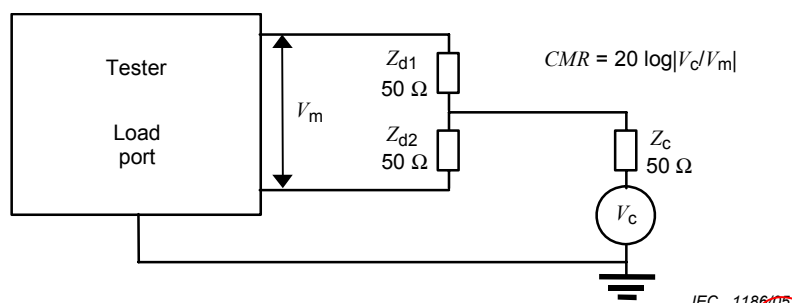
Figure 23 – Block diagram for measuring output signal balance

6.9.3 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 (see Figure 24) 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.

**Key**

Tester	field tester
Load port	measurement port connected to the cabling
CMR	common mode rejection
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 24 – Block diagram to measure common mode rejection**6.9.4 Residual NEXT**

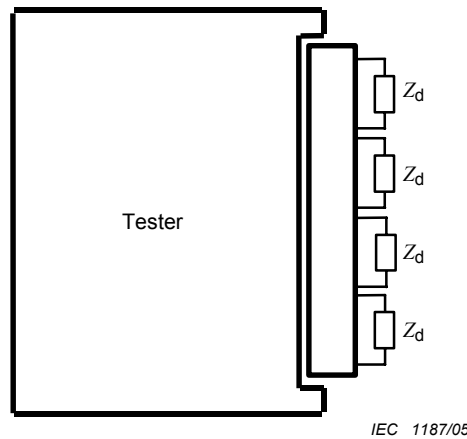
This performance requirement is applicable to

- NEXT and power sum NEXT measurements.

Residual NEXT, see Figure 25, is the measured voltage, V_m , at the load port due to the source port voltage, V_o , 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.

$$\text{Residual NEXT} = -20 \log(V_m / V_c) \quad (47)$$

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_o 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 NEXT 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.



Key

Tester field tester

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

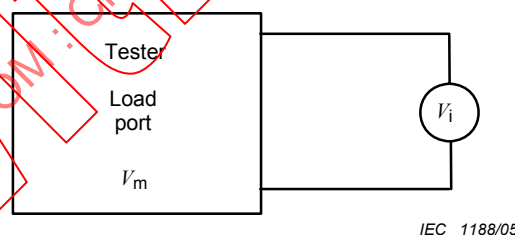
Figure 25 – Block diagram for measuring residual NEXT

6.9.5 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. See Figure 26.



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 26 – 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.

6.9.6 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 analyzer calibrated to a 100 Ω resistor with return loss of better than 40 dB over the frequency range of interest. The calibration shall include an impedance matching transformer/balun with better than 40 dB longitudinal conversion loss.

$$\text{Return loss} = -20 \log(V_{\text{reflected}} / V_{\text{incident}}) \quad (48)$$

6.9.7 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.

$$\text{Return loss} = -20 \log(V_m / V_o) \quad (49)$$

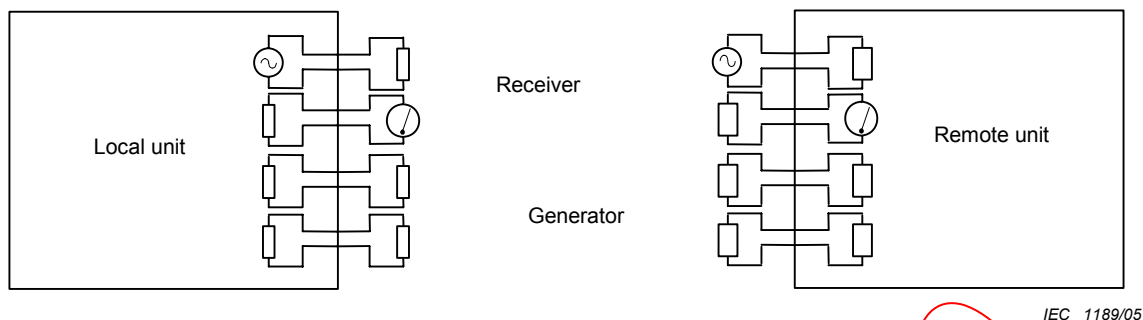
A procedure measuring voltage with an external voltmeter at the output of the detector is acceptable if it demonstrates equivalency.

6.9.8 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 27). 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.

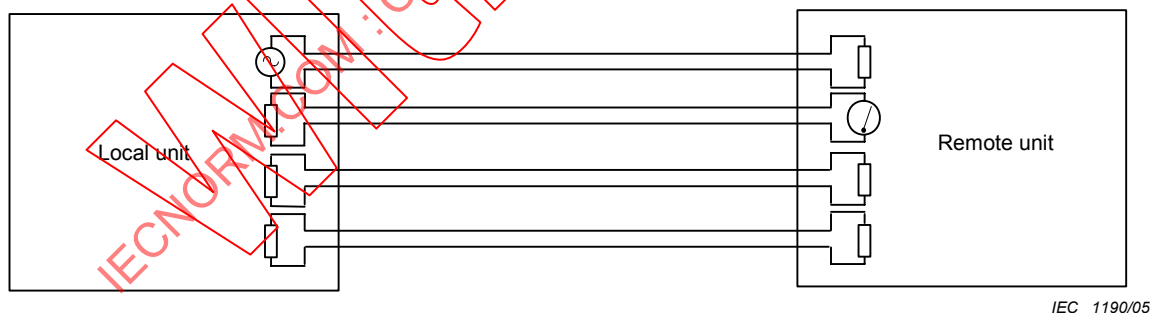


Key

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 27 – Principle of measurement of residual NEXT

Alternately, the residual FEXT may be measured, see Figure 28, 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.



Key

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

Figure 28 – Principle of alternate measurement of residual FEXT

6.9.9 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 100 Ω r.f. chip resistors that have a return loss better than 40 dB from 1 MHz to the upper frequency limit of the class.

6.9.10 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 is given by the following equation:

$$\text{Tracking dB} = -20 \log \left(\frac{\frac{-RL_{\text{short, dB}}}{20} + \frac{+RL_{\text{open, dB}}}{20}}{2} \right) \quad (50)$$

6.9.11 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 is given by the following equation:

$$\text{Source match dB} = -20 \log \left(\frac{\frac{-RL_{\text{short, dB}}}{20} + \frac{-RL_{\text{open, dB}}}{20}}{2} + 10 \frac{-\text{Directivity dB}}{20} \right) \quad (51)$$

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

6.9.12 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 analyzer 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.

6.9.13 Constant error term of the propagation delay measurement function

The parameters which affect propagation delay accuracy include a constant error term E_c and a term E_d which is proportional to the length of the link.

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

6.9.14 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.

6.9.15 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 analyzer 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.

6.9.16 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.

6.9.17 Error constant proportional to length of the length measurement function

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.

6.9.18 Constant error term of the d.c. resistance measurement function

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

6.9.19 Error constant term proportional to d.c. resistance of the d.c. resistance measurement function

The d.c. 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 d.c. resistance measurement procedure shall be used.

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

6.9.20 Measurement floor for alien crosstalk testing during field testing

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 5.4.7.4 for more information.

6.9.21 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 29. 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 standard. 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.

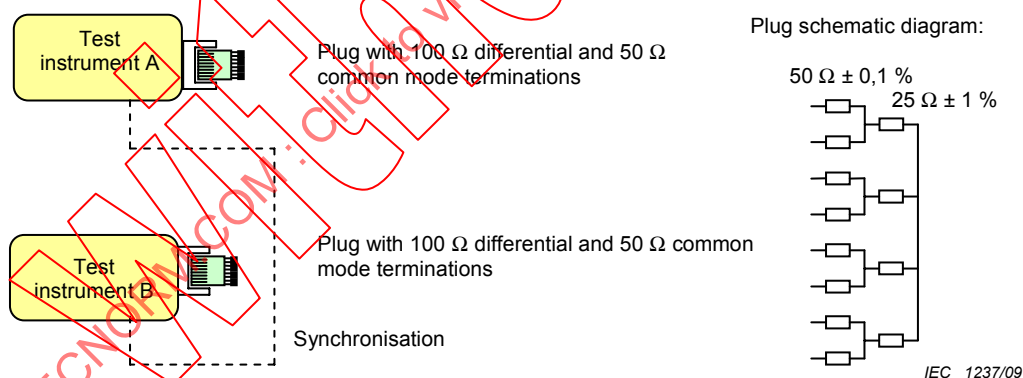


Figure 29 – Alien crosstalk measurement floor test for the channel test configuration

Conduct a single disturbed to disturbing PS ANEXT loss measurement. The power sum measurement floor of any pair shall exceed the specified measurement floor in 6.8: Equation (46) – 6 dB.

6.9.21.1 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 30. 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 standard. Other implementations of this measurement are acceptable if equivalence is demonstrated.

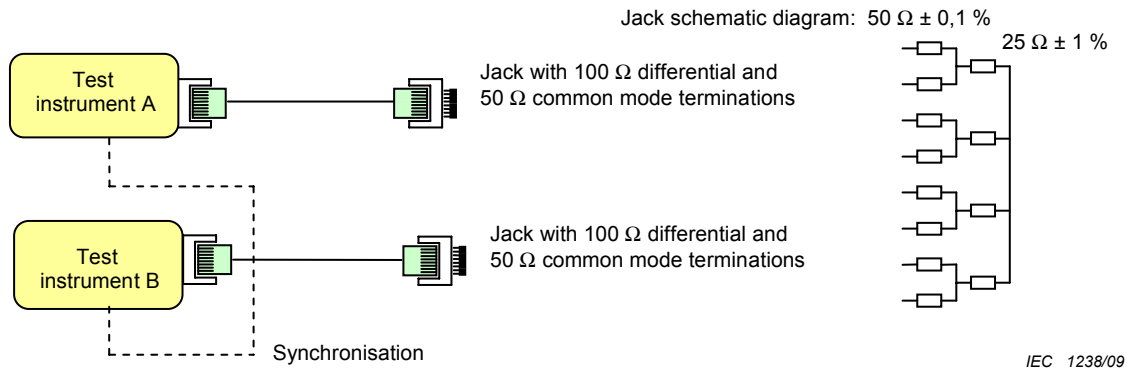


Figure 30 – Alien crosstalk measurement floor test for the link test configurations

The power sum measurement floor of any pair shall exceed the specified measurement floor in 6.8: Equation (46) – 6 dB.

6.10 Measurement error models

6.10.1 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 analyzer 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 this clause 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 analyzer comparisons.

6.10.2 Error model for the insertion loss measurement function

$$Accuracy_{IL} = E_{d,IL} + 20 \log \left[1 + 10^{\frac{-E_{RL,tester}}{10}} + 2 \times 10^{\frac{-(E_{RL,tester} + E_{RL,link})}{20}} \right] \quad (52)$$

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.

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.

6.10.3 Error model for the NEXT measurement function

$$Accuracy_{NEXT} = E_{d,NEXT} + 20 \log \left[1 + 10^{\frac{-E_{RL, \text{tester}}}{10}} + 2 \times 10^{\frac{-(E_{RL, \text{tester}} + E_{RL, \text{link}})}{20}} \right] + \sqrt{10^{\frac{A_{NEXT} - E_{RN}}{10}} + 10^{\frac{A_{NEXT} - E_{NF}}{10}} + 10^{\frac{S_C - E_B}{10}} + 10^{\frac{S_D - E_C}{10}}} \quad (53)$$

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;

$E_{RL, \text{tester}}$ 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 ratio (*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).

6.10.4 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.

6.10.5 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 6.10.2. The error model for FEXT is like the error model for NEXT in 6.10.3. 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

$$Accuracy_{ACR} = E_{d,ACR} + 20 \log \left[1 + \sqrt{2} \left(10^{\frac{-E_{RL, \text{tester}}}{10}} + 2 \times 10^{\frac{-(E_{RL, \text{tester}} + E_{RL, \text{link}})}{20}} \right) \right] + \sqrt{10^{\frac{A_{ACR} + A_{IL} - E_{RN}}{10}} + 10^{\frac{A_{ACR} + A_{IL} - E_{NF}}{10}} + 10^{\frac{S_C - E_B}{10}} + 10^{\frac{S_D - E_C}{10}}} \quad (54)$$

where

$Accuracy_{ACR}$	is the estimated accuracy of the ACR measurement function in dB;
A_{NEXT}	is the NEXT signal amplitude for accuracy in dB;
$E_{d, ACR}$	is the dynamic accuracy of the tester for ACR in dB;
$E_{RL, tester}$	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 (<i>OSB</i>) of the tester in dB;
E_C	is the common mode rejection ration (<i>CMR</i>) 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).

6.10.6 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, $A_{ACR-N} - A_{ACR-N} + 4,77$ shall be substituted.

6.10.7 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 in 6.10.2. The error model for FEXT is like the error model for NEXT in 6.10.3. A combined error model for ELFEXT and ACR-F, which includes a total dynamic accuracy equal to approximately the square root of the dynamic accuracy for insertion loss and FEXT, and twice the power of return loss is given by

$$Accuracy_{ELFEXT} = Accuracy_{ACRF} = \left[1 + \sqrt{2} \left(\frac{-E_{RL, tester}}{10} + \frac{-(E_{RL, tester} + E_{RL, link})}{20} \right) + \sqrt{\frac{A_{ELFEXT} + A_{IL} - E_{NF}}{10} + \frac{A_{ELFEXT} + 6 - E_{RF}}{10} + \frac{S_C - E_B}{10} + \frac{S_D - E_C}{10}} \right] E_{d, ELFEXT} + 20 \log \quad (55)$$

where

$Accuracy_{ELFEXT}$	is the estimated accuracy of the ELFEXT measurement function in dB;
$Accuracy_{ACRF}$	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);
$E_{RL,tester}$	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 (<i>OSB</i>) of the tester in dB;
E_C	is the common mode rejection ratio (<i>CMR</i>) 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.

6.10.8 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, $A_{ELFEXT} - A_{ELFEXT} + 4,77$ shall be substituted.

6.10.9 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.

$$Error_{RL} = TR + 20 \log \left(1 + \sqrt{ \left(\frac{A_{RL} - E_{DIR}}{10} + \frac{-(A_{RL} + E_{SM})}{20} \right)^2 + \left(\frac{A_{RL} - E_{TERM} - \sqrt{f}}{10} \right)^2 } \right) \quad (56)$$

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 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.

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 the worst case, 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 $\sqrt{f}$.

6.10.10 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:

$$Error_{propagation_delay} = E_c + E_d \times propagation_delay \quad (57)$$

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.

6.10.11 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:

$$Error_{delay_skew} = \frac{dE_d}{dt} \quad (58)$$

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.

6.10.12 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.

6.10.13 Error model for the d.c. loop resistance measurement function

The error of the d.c. loop resistance contains a constant error term and an error which is proportional to d.c. loop resistance of the measured cabling. For a 100 m limited distance, this error is approximately proportional to length, see Equation (61).

$$Error_{DC_loop_resistance} = E_{c,DC_r} + E_{d,DC_r} \times DCloopresistance \quad (59)$$

where

$Error_{DC_loop_resistance}$ is the estimated error of the d.c. loop resistance function in Ω ;

E_{c,DC_r} is the constant error term of the d.c. loop resistance in Ω ;

E_{d,DC_r} is the error term proportional to the d.c. loop resistance of the cabling.

6.11 Network analyzer measurement comparisons

6.11.1 General

Field test and network analyzer results can be compared using ISO/IEC 11801 (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 interfaces required to make the measurements are described in 6.11.3. 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 Clause 4.

Methods for comparing results are described in 6.11.3. 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.

6.11.2 Adapters

In order to perform the network analyzer comparison, two special test cords are needed. These special patch cords may be constructed by first constructing a patch cord using solid core category 5 or category 6 compliant cable and terminating this cable with compliant modular plugs. This patch cord should be tested for connectivity and electrical performance.

Thereafter, this assembly is cut at a distance of 5 mm maximum from one of the plugs. Then the jacket material is removed to within 5 mm of the plug that was cut off and over approximately 40 mm from the long end of the patch cable. A high quality jack is connected to the patch cable. The crosstalk properties of this jack should be at least 30 dB better than the test limit for the cabling link to be used for the network analyzer comparison. Also, the return loss caused by this high quality connection should be at least 25 dB over the specified frequency range and the insertion loss of this high quality connector should be less than 0,25 dB over the frequency range. A socket similar to those used for integrated circuits may be used. Such a socket will accept the wires with the insulation material removed from the ends.

Epoxy should be applied at the location where pairs exit the jacket material at both the plug and the cable sides. Also, shrink tubing should be applied around the individual pairs, except at the very end in order to prevent untwisting while making connections. This will improve the consistency of repeated measurements (see Figure 31).

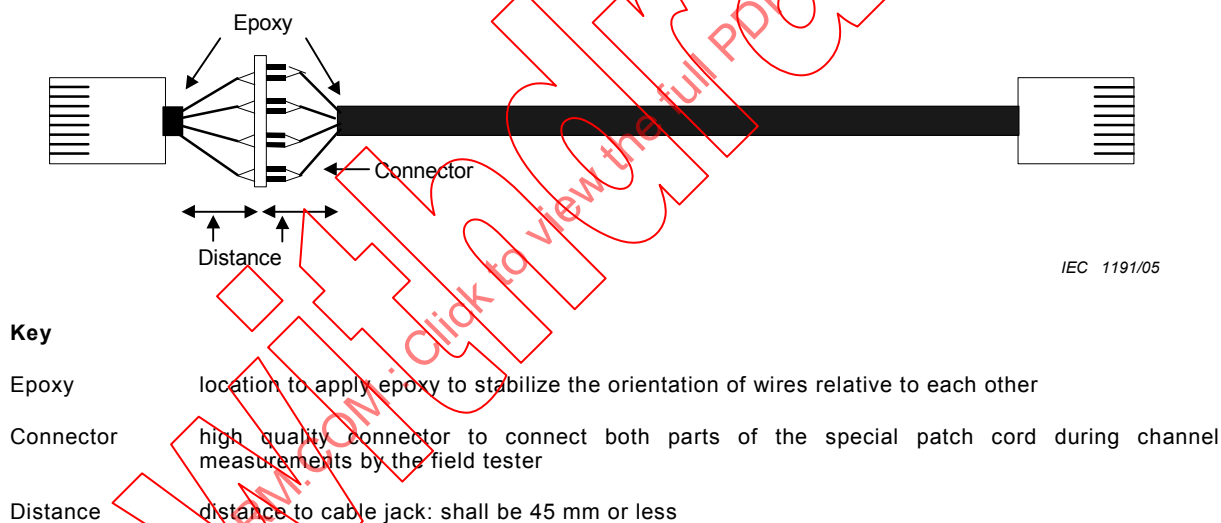
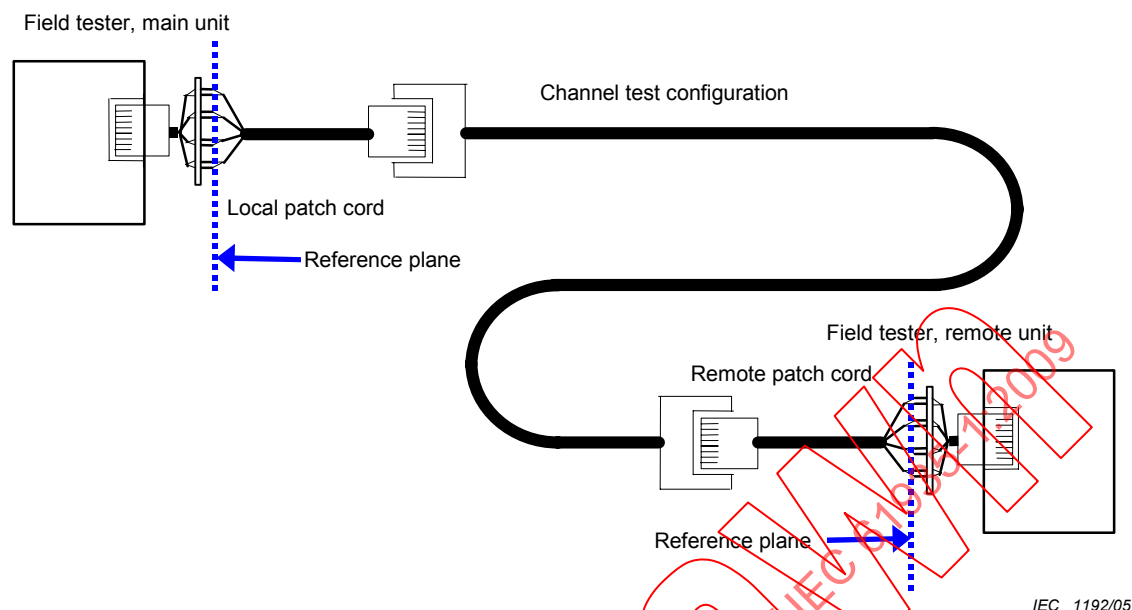


Figure 31 – Construction details of special patch cord adapter

The reference plane defined for the test configuration to be tested shall be at the location of the high quality connector. To obtain the reference measurement, the connection at the location of the high quality connection shall be severed and the defined link shall be connected to the laboratory test equipment. When measuring the same test configuration with the field tester, the high quality connection shall be made again.

When performing a network analyzer comparison with a field test equipment on a channel or baseline test configuration, the positioning of the reference planes relative to the location of the high quality connector is as shown in Figure 31.

The interface to laboratory test equipment generally consists of copper posts, which are designed to accept copper cable ends of twisted pair cabling to be tested. To connect to laboratory equipment, short segments of pairs (< 5 cm) shall be used with a mating high quality connector plug.

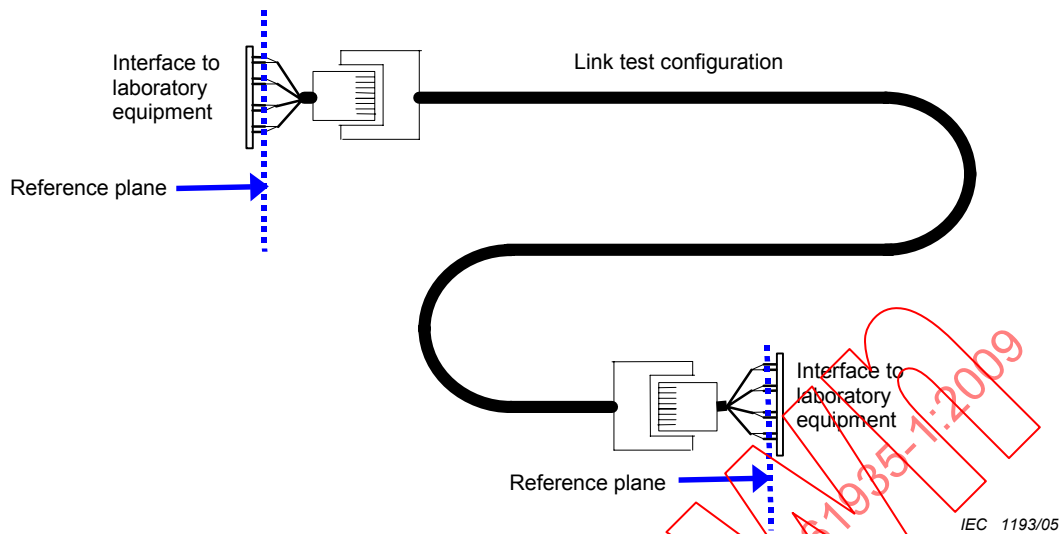


Key

Field tester, main unit	connection to the main unit of the field tester
Field tester, remote unit	connection to the remote unit of the field tester
Reference plane	location of the reference plane of measurement as defined in Figure 2
Local patch cord	special patch cord used for connections at the local end of the test link
Remote patch cord	special patch cord used for connections at the remote end of the test link
Channel test configuration	sample channel used for comparison of field tester and network analyzer measurements

Figure 32 – Interfaces to channel by field test and laboratory equipment to compare test results

When performing a network analyzer comparison with a field tester on a link test configuration, the special patch cord is turned at the local and remote ends, as is shown in Figure 32.



Key

Interface to laboratory equipment	location where connections to laboratory equipment are made
Reference plane	location of the reference plane of measurement as defined in Figure 2
Link test configuration	sample test link used for comparison of field tester and network analyzer measurements

Figure 33 – Interfaces to link test configuration by field test and laboratory equipment to compare test results

The network analyzer should be calibrated at the location of the high quality connection by using identical jacks with the required open circuits, shorts and terminations. This will cause the exact location of the reference plane to be towards the side of the high quality connection away from the laboratory equipment and thereby reduce the impact of the high quality connector, if any.

6.11.3 Comparison methods

6.11.3.1 General

Most transmission parameters required to be tested are measured as a function of frequency. Some parameters, such as propagation delay, delay skew and d.c. 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, one of the following three requirements shall be satisfied. One requirement option as described in 6.11.3.2 relates to the agreement of reported worst case conditions. This is the minimum requirement. The second requirement relates to agreement of results of all data points in the frequency responses as described in 6.11.3.3. The third requirement option describes the required agreement in terms of an equivalent noise floor. Refer to 6.11.3.4.

6.11.3.2 Comparison method using worst case performance margin

The results obtained from the laboratory equipment and field tester over the frequency range specified for the cabling class are compared only at the worst case performance condition relative to the test limit for the cabling. These are the minimally required summary reporting requirements for compliant field test equipment as described in 5.5.3. These worst case performance values computed from the laboratory test results shall agree with the results reported by the field tester within the sum of the measurement accuracies of the network analyzer and the field test equipment at the signal level of the worst case condition.

6.11.3.3 Comparison method using the full frequency responses using scatter plots

6.11.3.3.1 General

This method is useful in case the measurement accuracy does not significantly depend on frequency. In case of level IIE compliant field testers, it was assumed that worst case accuracy is relatively constant and the accuracy at 100 MHz was used as a constant. The scatter plot method uses all data from the frequency response of the laboratory equipment and field test measurements that are within the minimum reporting range of the field tester as specified in 5.5.2 and 5.5.3. It should not be used for comparisons over 100 MHz and is inappropriate for comparisons over 250 MHz.

For some parameters, NEXT loss in particular, small differences in the set-up can cause shifts in the nulls of the frequency response and only slight variations in the maximum values between the results. Therefore, a data point to data point comparison as described in the X-Y scatter plot is not a compliance requirement, but a very effective method to observe small differences in the responses measured by laboratory equipment and field testers.

However, to assure frequency resolution requirements, identifiable peaks in the frequency response shall be evaluated for frequency resolution.

6.11.3.3.2 X-Y scatter plot frequency response evaluation

Plot both data results relative to the test limit for the test configuration (channel, permanent link, CP link or basic link) by creating an X-Y scatter plot. For each frequency data point, use X-co-ordinate equal to the distance from the network analyzer response to the test limit. The Y-co-ordinate is equal to the difference between the network analyzer and field tester results. Add to the scatter plot an upper bound, which is the positive sum of the accuracy of the laboratory test equipment and the field tester, and a lower bound which equals the negative value of the upper bound. The measurement accuracy of the laboratory test equipment shall be calculated using the relevant equations in 6.10.

A sample scatter plot is shown in Figure 34. Acceptable results are between the lower and upper bounds, and to the left of the reporting range limit.

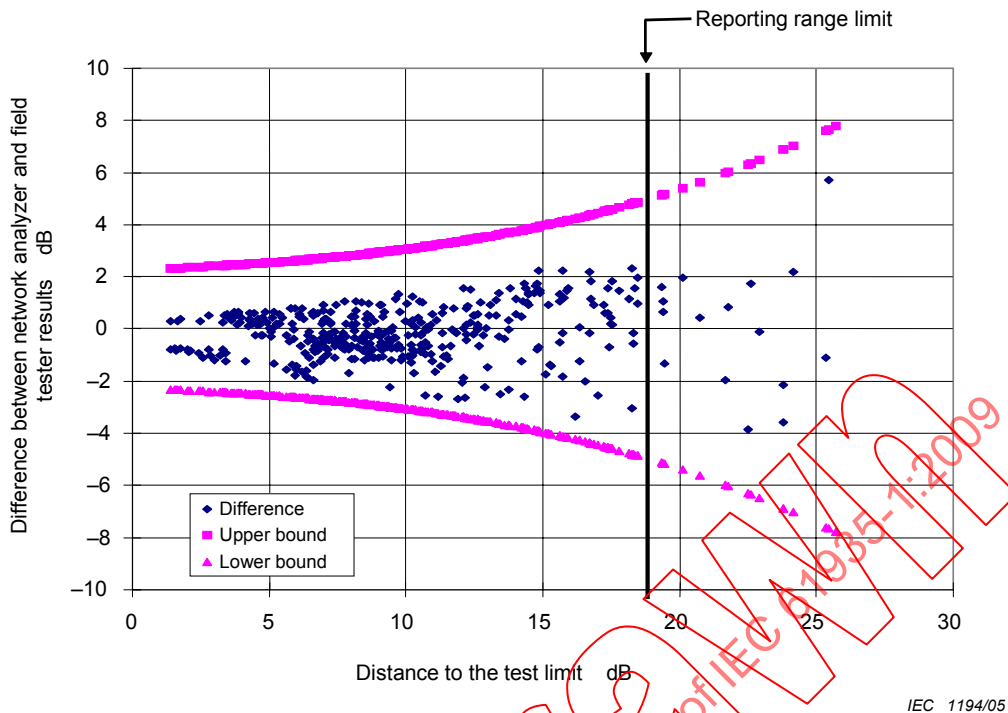


Figure 34 – Sample scatter plot

6.11.3.3 Frequency resolution evaluation

The frequency response of a narrow band filter measured with laboratory test equipment and a field test equipment shall be compared. The bandwidth of the narrow band filter shall be at least 5× the required frequency resolution. The width of the response shall be observed at 6 dB below the peak response. The difference of the width measured by the field tester and the width measured by the laboratory equipment shall be less than twice the required frequency resolution.

Alternatively, a peak in the frequency response of cabling measured with laboratory equipment may be used for frequency resolution evaluation. A suitable peak in the response of the laboratory measurement shall have a floor less than 20 dB below the peak value. The response of the field tester shall exhibit a peak in the response at approximately the same frequency. The widths of the peak at 6 dB levels below the peak values shall agree within 2× the required frequency resolution.

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

This method is useful for level III, level IIIE and IV 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 a noise floor above the pass/fail limit, which causes an error equal to the measurement error:

$$NF_{\text{nominal}} = -20 \log \left(10^{\frac{-(\text{Limit} - \text{Accuracy})}{20}} - 10^{\frac{-\text{Limit}}{20}} \right) \quad (60)$$

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:

$$NF_{\text{observed}} = -20 \log \left(10^{\frac{-\text{measured}_{NWA}}{20}} - 10^{\frac{-\text{measured}_{\text{tester}}}{20}} \right) \quad (61)$$

where

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

measured_{NWA} is the measured value 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:

$$NF_{\text{observed}} \geq NF_{\text{nominal}} \quad (62)$$

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 standard, 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 be used to provide confidence that the field tester is operating properly, is within calibration accuracy and provides reliable test results.

This annex 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 standard, 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× 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× 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.

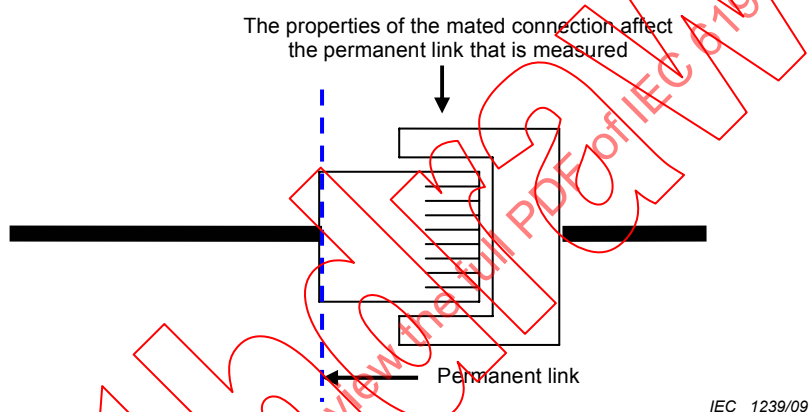


Figure A.1 – Source of variability during link testing

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 standard 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 adaptor

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.6.6. Use of different field testers, whose accuracy is unknown, and/or different test adapters is not appropriate to resolve test result issues.

Annex B (normative)

Reference laboratory test configuration for alien crosstalk testing

B.1 General

If used, laboratory testing shall be conducted as described in this annex 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 way to assess alien crosstalk performance is specified for field testing of alien crosstalk of cabling installations 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. This annex 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 crossconnect) 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 crossconnect) 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 crossconnect 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 touch 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 8,0 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 that 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 5.4.7.1 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

The computation of PS ANEXT and PS AACR-F shall be carried out as specified in 4.12.4.3 and 4.13.4.3, respectively.

B.6 Test report

The measured results shall be reported as specified in 4.12.4.4 and 4.13.4.4, respectively.

Annex C (informative)

General information on power sum alien crosstalk performance of installations

This annex 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 5.4.8.
- 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 concluding whether 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.

Bibliography

IEC 61156-2, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 2: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 100 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification*

IEC 61156-3, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 3: Work area cable – Sectional specification*

IEC 61156-4, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 4: Riser cables – Sectional specification*

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

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2009

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	119
INTRODUCTION.....	121
1 Domaine d'application	122
2 Références normatives.....	123
3 Termes et définitions	124
4 Procédures de mesures de référence pour les propriétés électriques	127
4.1 Généralités.....	127
4.2 Considérations relatives au matériel d'essai	127
4.2.1 Généralités.....	127
4.2.2 Exigences d'essai des analyseurs de réseaux	127
4.2.3 Terminaison des paires de conducteurs.....	127
4.2.4 Charges de référence pour étalonnage	128
4.2.5 Configurations d'essai	129
4.2.6 Câbles coaxiaux et cordons d'essai pour analyseurs de réseaux	130
4.2.7 Exigences pour les symétriseurs	131
4.2.8 Précautions concernant les mesures par l'analyseur de réseaux	132
4.2.9 Compte rendu et précision des données	133
4.3 Résistance de boucle en courant continu	133
4.3.1 Objectif.....	134
4.3.2 Méthode d'essai	134
4.3.3 Matériel et montage d'essai	134
4.3.4 Procédure.....	134
4.3.5 Rapport d'essai	135
4.3.6 Incertitude	135
4.4 Asymétrie de résistance en courant continu	135
4.4.1 Objectif.....	135
4.4.2 Méthode d'essai	135
4.4.3 Matériel et montage d'essai	135
4.4.4 Procédure.....	135
4.4.5 Rapport d'essai	136
4.4.6 Incertitude	136
4.5 Perte d'insertion	136
4.5.1 Objectif.....	136
4.5.2 Méthode d'essai	136
4.5.3 Matériel et montage d'essai	137
4.5.4 Procédure.....	137
4.5.5 Rapport d'essai	138
4.5.6 Correction de température	138
4.5.7 Incertitude	138
4.6 Temps de propagation et différence des temps de propagation	138
4.6.1 Objectif.....	138
4.6.2 Méthode d'essai	138
4.6.3 Matériel et montage d'essai	139
4.6.4 Procédure.....	139
4.6.5 Rapport d'essai	139
4.6.6 Incertitude	139

4.7	Paradiaphonie (NEXT) et puissance cumulée de paradiaphonie	140
4.7.1	Objectif.....	140
4.7.2	Méthode d'essai	140
4.7.3	Matériel et montage d'essai	140
4.7.4	Procédure.....	141
4.7.5	Rapport d'essai	142
4.7.6	Incertitude	142
4.8	Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche (ACR-N) et à la puissance cumulée de ACR-N	142
4.8.1	Objectif.....	142
4.8.2	Méthode d'essai	142
4.8.3	Matériel et montage d'essai	142
4.8.4	Procédure.....	142
4.8.5	Rapport d'essai	143
4.8.6	Incertitude	143
4.9	Télédiaphonie (FEXT) et puissance cumulée de télédiaphonie	143
4.9.1	Objectif.....	143
4.9.2	Méthode d'essai	143
4.9.3	Matériel et montage d'essai	143
4.9.4	Procédure.....	144
4.9.5	Rapport d'essai	145
4.9.6	Incertitude des mesures de télédiaphonie.....	145
4.10	Télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) et rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, extrémité éloignée (ACR-F)	145
4.10.1	Objectif.....	145
4.10.2	Calculs	145
4.10.3	Rapport d'essai	146
4.10.4	Incertitude	146
4.11	Affaiblissement de réflexion.....	146
4.11.1	Objectif.....	146
4.11.2	Méthode d'essai	146
4.11.3	Matériel et montage d'essai	146
4.11.4	Procédure.....	147
4.11.5	Rapport d'essai	147
4.11.6	Incertitude	148
4.12	Puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT – Diaphonie exogène)	148
4.12.1	Objectif.....	148
4.12.2	Méthode d'essai	148
4.12.3	Matériel et montage d'essai	148
4.12.4	Procédure.....	149
4.13	Rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène, télédiaphonie (PS AACR-F – Diaphonie exogène)	151
4.13.1	Objectif.....	151
4.13.2	Méthode d'essai	151
4.13.3	Matériel et montage d'essai	152
4.13.4	Procédure.....	153
4.14	Affaiblissement asymétrique, extrémité proche	155
4.14.1	Objectif.....	155
4.14.2	Méthode d'essai	156

4.14.3	Matériel et montage d'essai	156
4.14.4	Procédure.....	157
4.14.5	Rapport d'essai	159
4.14.6	Incertitude	159
4.15	Affaiblissement asymétrique, extrémité éloignée	160
4.15.1	Objectif.....	160
4.15.2	Méthode d'essai	160
4.15.3	Matériel et montage d'essai	160
4.15.4	Procédure.....	161
4.15.5	Rapport d'essai	162
4.15.6	Incertitude	162
4.16	Affaiblissement de couplage	163
5	Exigences concernant les mesures d'essai sur le terrain pour les propriétés électriques.....	163
5.1	Généralités.....	163
5.2	Configurations de câblage soumises à essai	163
5.3	Paramètres des essais sur le terrain	163
5.3.1	Généralités.....	163
5.3.2	Contrôle de la qualité du travail et essais de connectivité	164
5.3.3	Temps de propagation et différence des temps de propagation	165
5.3.4	Longueur	166
5.3.5	Perte d'insertion	167
5.3.6	NEXT, puissance cumulée de NEXT	167
5.3.7	ACR-N et puissance cumulée de ACR-N	167
5.3.8	ELFEXT, puissance cumulée de ELFEXT, ACR-F, puissance cumulée de ACR-F	168
5.3.9	Affaiblissement de réflexion.....	170
5.3.10	Résistance en boucle en courant continu.....	170
5.4	Puissance cumulée de diaphonie exogène	170
5.4.1	Objectif.....	170
5.4.2	Méthode d'essai	170
5.4.3	Matériel et montage d'essai	171
5.4.4	Mesurage des pertes par paradiaphonie exogène (ANEXT)	171
5.4.5	Mesurage des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT).....	171
5.4.6	Procédure.....	172
5.4.7	Calcul de PS ANEXT et de ACR-F à partir des données mesurées	172
5.4.8	Choix des accès d'essai	175
5.4.9	Rapport d'essai	177
5.4.10	Incertitude des mesures de puissance cumulée de diaphonie exogène (PS)	177
5.5	Compte rendu et précision.....	177
5.5.1	Généralités.....	177
5.5.2	Résultats détaillés	179
5.5.3	Rapports de synthèse	179
5.5.4	Exigences concernant les rapports pour la puissance cumulée de diaphonie exogène	184
5.5.5	Généralités.....	184
5.5.6	Vérification de la cohérence pour les appareils de contrôle sur le terrain.....	184
5.5.7	Évaluation des essais de cohérence	185

5.5.8	Applicabilité du système d'administration.....	185
5.5.9	Cordons d'adaptateur des matériels de contrôle pour les essais de liens	185
5.5.10	Essais des cordons d'utilisateur et des canaux	185
6	Exigences concernant la précision des mesures des appareils de contrôle sur le terrain	185
6.1	Généralités.....	185
6.2	Spécifications de la précision de mesure communes aux appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE, de niveau III, de niveau IIIE et de niveau IV.....	189
6.3	Exigences de performance de précision pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE.....	190
6.4	Exigences de performance de précision pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau III	192
6.5	Exigences de performance de précision pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIIE	194
6.6	Exigences de performance de précision pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IV	196
6.7	Exigences de performance de précision pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IV au-delà de 600 MHz.....	198
6.8	Exigences relatives à l'appareil de contrôle sur le terrain applicables aux mesures de diaphonie exogène.....	198
6.9	Procédures pour déterminer les paramètres des appareils de contrôle sur le terrain	199
6.9.1	Généralités.....	199
6.9.2	Symétrie du signal de sortie (<i>OSB</i> - Output signal balance).....	199
6.9.3	Réjection en mode commun (<i>CMR</i> - Common mode rejection)	200
6.9.4	Paradiaphonie résiduelle.....	201
6.9.5	Précision dynamique.....	202
6.9.6	Affaiblissement de réflexion source/charge.....	203
6.9.7	Seuil de bruit aléatoire.....	203
6.9.8	Perte par télediaphonie résiduelle	203
6.9.9	Directivité.....	204
6.9.10	Survi.....	205
6.9.11	Adaptation de la source.....	205
6.9.12	Affaiblissement de réflexion de la terminaison distante.....	205
6.9.13	Terme d'erreur constante de la fonction de mesure du temps de propagation	206
6.9.14	Terme de constante d'erreur proportionnelle au temps de propagation de la fonction de mesure du temps de propagation.....	206
6.9.15	Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la différence des temps de propagation	206
6.9.16	Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la longueur	206
6.9.17	Constante d'erreur proportionnelle à la longueur de la fonction de mesure de la longueur.....	206
6.9.18	Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la résistance en courant continu	207
6.9.19	Terme de constante d'erreur proportionnelle à la résistance en courant continu de la fonction de mesure de la résistance en courant continu	207
6.9.20	Seuil de mesure pour les essais de diaphonie exogène au cours des essais sur le terrain	207

6.9.21	Seuil de mesure du dispositif d'essai pour la configuration d'essai du canal	207
6.10	Modèles d'erreur de mesure	209
6.10.1	Généralités	209
6.10.2	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte d'insertion	209
6.10.3	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la paradiaphonie	209
6.10.4	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par puissance cumulée de paradiaphonie	210
6.10.5	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'ACR-N	210
6.10.6	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la puissance cumulée de ACR-N	211
6.10.7	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la télédiaphonie de niveau égal ou ACR-F	211
6.10.8	Modèle d'erreur pour les fonctions de mesure de puissance cumulée de télédiaphonie de niveau égal (PS ELFEXT) et de PS ACR-F	213
6.10.9	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'affaiblissement de réflexion	213
6.10.10	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure du temps de propagation	214
6.10.11	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la différence des temps de propagation	214
6.10.12	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la longueur	214
6.10.13	Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la résistance en boucle en courant continu	215
6.11	Comparaisons des mesures de l'analyseur de réseaux	215
6.11.1	Généralités	215
6.11.2	Adaptateurs	215
6.11.3	Méthodes de comparaison	218
Annexe A (informative)	Incertitude et variabilité des résultats des essais sur le terrain	222
Annexe B (normative)	Configuration d'essai de laboratoire de référence pour les essais de diaphonie exogène	227
Annexe C (informative)	Informations générales sur la performance de puissance cumulée de diaphonie exogène d'installations	230
Bibliographie		232
Figure 1	– Charge à résistance	128
Figure 2	– Plans de référence pour lien et canal permanent	130
Figure 3	– Hybride à 180° utilisé comme symétriseur	131
Figure 4	– Mesure de la résistance en boucle	134
Figure 5	– Mesure de l'asymétrie de résistance en courant continu	136
Figure 6	– Configuration de l'essai de perte d'insertion	137
Figure 7	– Configuration d'essai de la paradiaphonie	140
Figure 8	– Configuration d'essai de la télédiaphonie	144
Figure 9	– Configuration d'essai pour l'affaiblissement de réflexion	147
Figure 10	– Mesure de la paradiaphonie exogène (ANEXT)	149
Figure 11	– Mesure de télédiaphonie exogène	152
Figure 12	– Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche	156

Figure 13 – Mesure de la perte d'insertion en mode différentiel de symétriseurs dos à dos.	157
Figure 14 – Mesure de la perte d'insertion en mode commun de symétriseurs dos à dos	158
Figure 15 – Essai de performance asymétrique du symétriseur de mesure	158
Figure 16 – Configuration d'essai pour l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité éloignée.....	161
Figure 17 – Formation correcte des paires.....	165
Figure 18 – Formation incorrecte des paires	165
Figure 19 – Diagramme schématique pour la mesure de la perte par paradiaphonie exogène (ANEXT) d'un canal.....	171
Figure 20 – Configuration d'essai pour la mesure des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT)	172
Figure 21 – Logigramme de la procédure d'essai de diaphonie exogène.....	176
Figure 22 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT)	178
Figure 23 – Schéma fonctionnel de mesure de la symétrie du signal de sortie.....	200
Figure 24 – Schéma fonctionnel pour mesurer la réjection en mode commun.....	201
Figure 25 – Schéma fonctionnel pour la mesure de la paradiaphonie résiduelle.....	202
Figure 26 – Schéma fonctionnel de mesure de la précision dynamique.....	202
Figure 27 – Principe de mesure de la paradiaphonie résiduelle.....	204
Figure 28 – Principe de mesure alternative de la perte par télédiaphonie résiduelle.....	204
Figure 29 – Essai du seuil de mesure de la diaphonie exogène pour la configuration d'essai du canal.....	208
Figure 30 – Essai du seuil de mesure de la diaphonie exogène pour les configurations d'essai du lien.....	208
Figure 31 – Détails de construction d'un adaptateur à cordon spécial	216
Figure 32 – Interfaces avec le canal par l'appareil de contrôle de terrain et l'équipement de laboratoire pour comparer les résultats d'essai.....	217
Figure 33 – Interfaces avec la configuration d'essai du lien par l'appareil de contrôle sur le terrain et les équipements de laboratoire pour comparer les résultats d'essai	218
Figure 34 – Échantillon de tracé de diffusion	220
Figure A.1 – Source de variabilité au cours des essais du lien.....	223
Tableau 1 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai	132
Tableau 2 – Incertitude estimée de la mesure asymétrique d'extrémité proche	159
Tableau 3 – Incertitude estimée de la mesure asymétrique d'extrémité éloignée.....	162
Tableau 4 – Résumé des exigences concernant les rapports pour les appareils de contrôle sur le terrain.....	180
Tableau 5 – Exigence minimale concernant les rapports pour la PS ANEXT et la PS AACR-F.....	184
Tableau 6 – Précision 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 appareils d'essai de niveau IIE, de niveau III et de niveau IV	187
Tableau 7 – Précision de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de la paradiaphonie, de ACR-N, de la télédiaphonie de niveau égal/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIE	187
Tableau 8 – Précision de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de la paradiaphonie, de ACR-N, de la télédiaphonie de niveau égal/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau III	188

Tableau 9 – Précision de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de la paradiaphonie, de ACR-N, de la télédiaphonie de niveau égal/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IIIE	188
Tableau 10 – Précision de mesure du cas le plus défavorable de la perte d'insertion, de la paradiaphonie, de ACR-N, de la télédiaphonie de niveau égal/ACR-F et de l'affaiblissement de réflexion pour les instruments d'essai de niveau IV	189
Tableau 11 – Spécifications de performance de précision de temps de propagation, de la différence des temps de propagation, de résistance en courant continu et de longueur	189
Tableau 12 – Paramètres de performance de précision d'appareil de contrôle sur le terrain de niveau IIE selon les indications CEI	191
Tableau 13 – Paramètres de performance de précision d'appareil de contrôle sur le terrain de niveau III selon les indications CEI.....	193
Tableau 14 – Paramètres de performance de précision d'appareil de contrôle sur le terrain de niveau IIIE selon les indications CEI	195
Tableau 15 – Paramètres de performance de précision d'appareil de contrôle sur le terrain de niveau IV selon les directives CEI	197

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2009

Without 2009

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION RELATIVE AUX ESSAIS DES CÂBLAGES SYMÉTRIQUES
ET COAXIAUX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION –****Partie 1: Câblages symétriques installés conformément
à l'ISO/IEC 11801 et normes associées**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61935-1 a été établie par le comité d'études 46 de la CEI Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005, dont elle constitue une révision technique.

Cette édition diffère de la deuxième édition en ce qu'elle contient des méthodes d'essai pour la diaphonie exogène (étrangère). Elle contient aussi une nouvelle annexe concernant l'incertitude et la variabilité des résultats d'essai sur le terrain.

Les futures normes dans cette série porteront le titre général tel que cité ci-dessus. Les titres des normes déjà publiées dans cette série seront mis à jour au moment de leurs prochaines éditions.

La présente version bilingue, publiée en 2010-07, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 46/323/FDIS et 46/332/RVD.

Le rapport de vote 46/332/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61935, publiées sous le titre général: *Spécification relative aux essais des câblages symétriques et coaxiaux des technologies de l'information*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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 font maintenant appel à la norme de câblage ISO/CEI 11801 pour répondre aux exigences de câblage. Auparavant, les essais de connectivité et le contrôle visuel étaient jugés suffisants pour vérifier une installation de câbles. Maintenant, les utilisateurs ont besoin d'essais plus complets afin de s'assurer que le lien supportera les applications de télécommunications qui sont destinées à fonctionner sur le système de câblage générique. La présente partie de la CEI 61935 expose les méthodes d'essais de référence en laboratoire et sur le terrain et donne une comparaison de ces méthodes.

Les performances de transmission dépendent des caractéristiques des câbles, du matériel de connexion, des cordons et des câbles d'interconnexion, du nombre total de connexions et du soin avec lequel ils sont installés et entretenus. La présente norme donne 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'essais pour les câblages installés. La partie 2 contient les méthodes d'essais pour les cordons et les câbles pour zones de travail.

SPÉCIFICATION RELATIVE AUX ESSAIS DES CÂBLAGES SYMÉTRIQUES ET COAXIAUX DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION –

Partie 1: Câblages symétriques installés conformément à l'ISO/IEC 11801 et normes associées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61935 spécifie les procédures des mesures de référence pour les paramètres de câblage et les exigences pour la précision des appareils de contrôle sur le terrain pour mesurer les paramètres de câblage identifiés dans l'ISO/CEI 11801. Les références faites dans la présente norme à l'ISO/CEI 11801 renvoient à ISO/CEI 11801 ou à des normes de câblage équivalentes.

La présente Norme internationale s'applique quand les câbles équipés sont constitués de câbles conformes à la famille des normes CEI 61156 et de matériel de connexion spécifié dans la famille de normes CEI 60603-7 ou dans la CEI 61076-3-104 et la CEI 61076-3-110. Lorsque les câbles et/ou les connecteurs ne sont pas conformes à ces normes, des essais supplémentaires peuvent être requis.

Cette norme est organisée de la manière suivante:

- les modes opératoires de référence pour les mesures en laboratoire relatifs aux topologies de câblage sont spécifiées à l'Article 4. Dans certains cas, ces procédures peuvent être utilisées sur le terrain;
- les descriptions et les exigences pour les mesures sur le terrain sont spécifiées à l'Article 5;
- les exigences de performance pour les appareils de contrôle sur le terrain et les procédures de vérification des performances sont spécifiées à l'Article 6.

NOTE 1 La présente norme ne comprend pas les essais qui sont normalement effectués séparément sur les câbles et sur les connecteurs. Ces essais sont respectivement décrits dans la CEI 61156-1 et la CEI 60603-7 et dans la CEI 61076-3-104 et la CEI 61076-3-110.

NOTE 2 Dans la mesure du possible, les câbles et les connecteurs utilisés dans les ensembles de câbles équipés, même s'ils ne sont pas décrits dans la CEI 61156 et la CEI 60603-7 ou dans la CEI 61076-3-104 et la CEI 61076-3-110, sont soumis à des essais séparément conformément aux essais donnés dans la spécification générique correspondante. Dans ce cas, la plupart des essais environnementaux et mécaniques décrits dans la présente norme peuvent être omis.

NOTE 3 Il est conseillé aux utilisateurs de cette norme de consulter les normes d'application, 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.

La présente norme 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 nominal.

Les types de contrôleurs sur le terrain comprennent la certification, la qualification et la vérification. Les essais de certification sont réalisés pour les besoins rigoureux des bâtiments commerciaux/industriels selon la présente norme. Les essais de qualification sont décrits dans la CEI 61935-3. Les essais de qualification déterminent si le câblage prendra en charge certaines technologies de réseau (par exemple 1000BASE-T, 100BASE-TX, IEEE 1394b¹⁾). Les appareils de contrôle de qualification n'ont pas de précision traçable par rapport à des

1) IEEE 1394b:2002, *High Performance Serial Bus (High Speed Supplement)*

normes nationales et n'apportent pas l'assurance que des applications spécifiques fonctionneront. Les appareils de contrôle de vérification vérifient seulement la connectivité.

Le présent document suppose que les câblages sont du type à quatre paires. Les modes opératoires d'essai décrits dans la présente norme peuvent servir à évaluer les câblages symétriques à deux paires. Cependant, les liens par câbles 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 de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 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)*

CEI 60512-25-9, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 25-9: Essais d'intégrité des signaux – Essai 25i: Diaphonie exogène*

CEI 60603-7, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7: Spécification particulière pour les fiches et les embases non écrantées à 8 voies*

CEI 60603-7 (toutes les parties), *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7: Spécification particulière pour les fiches et les embases non blindées à 8 voies*

CEI 60603-7-4, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-4: Spécification particulière pour les fiches et les embases non blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 250 MHz*

CEI 60603-7-5, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-5: Spécification particulière pour les fiches et les embases blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 250 MHz*

CEI 61076-3-104, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 1 000 MHz* (disponible en anglais uniquement)

CEI 61076-3-110, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 3-110: Connecteurs rectangulaires – Spécification particulière pour les fiches et les embases écrantées pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 1 000 MHz*

CEI 61156-1, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 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 uniquement)

CEI 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 uniquement)

CEI 61156-7, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 7: Câbles à paires symétriques avec caractéristiques de transmission*

jusqu'à 1 200 MHz – Spécification intermédiaire pour câbles de transmissions numériques et analogues

CEI 61156-8, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 8: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 200 MHz – Work area wiring – Sectional specification* (disponible en anglais uniquement)

CEI 61169-16, *Radio-frequency connectors – Part 16: Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 7 mm (0,276 in) with screw coupling – Characteristics impedance 50 ohms (75 ohms) (type N)* (disponible en anglais uniquement)

ISO/CEI 11801, *Technologies de l'information – Câblage générique des locaux d'utilisateurs*

ISO/CEI/TR 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation* (disponible en anglais uniquement)

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*

EN 50289-1-15, *Câbles de communication – Spécifications des méthodes d'essai – Partie 1-15: Performance électromagnétique – Affaiblissement de couplage d'ensembles de câbles (Conditions de laboratoire)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants ainsi que ceux donnés dans l'ISO/CEI 11801 s'appliquent.

3.1

câble équipé

combinaison de câble(s) et de connecteur(s) à performance spécifiée, utilisée comme une seule unité destinée à faire partie d'un lien par câble comme défini dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent)

NOTE Des exemples sont: un cordon, un câble de zone de travail, un lien.

3.2

certification

mesurages de câbles installés spécifiés dans l'ISO/CEI 11801 (par exemple classe D, classe E, classe E_A, classe F, classe F_A)

Cela exige des appareils de contrôle de terrain ayant une précision traçable par rapport à des normes nationales.

3.3

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 appareil de contrôle de terrain)

3.4

résistance en courant continu

mesure de la somme totale de la résistance en courant continu des fils d'une paire

3.5**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

3.6**longueur électrique**

longueur équivalente en espace libre du câble équipé

3.7**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 Lorsque la diminution de puissance est rapportée à l'extrémité proche de la paire perturbante, la caractéristique est appelée diaphonie entrée/sortie (IO FEXT).

NOTE 2 Lorsque la diminution de puissance est rapportée à l'extrémité éloignée de la paire perturbante, la caractéristique est appelée télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT).

NOTE 3 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).

NOTE 4 La FEXT est exprimée en dB.

3.8**paradiaphonie*****NEXT***

mesure, prise 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

Elle s'exprime en dB par rapport à la racine carrée de la puissance du signal incident.

3.9**impédance nominale**

impédance pour laquelle le système est conçu; l'impédance nominale est résistive

3.10**symétrie du signal de sortie*****OSB (output signal balance)***

rapport de la tension de sortie en mode commun sur la tension de sortie en mode différentiel générée par un accès source

3.11**puissance cumulée (de *NEXT*, *FEXT* et *ELFEXT*)**

diaphonie combinée sur une paire réceptrice de tous les liens perturbants agissant simultanément

3.12**temps de propagation**

retard de phase à chaque fréquence dans la gamme de fréquences concernée pour la propagation d'une onde transversale électromagnétique entre les plans de référence du câble équipé, exprimé en nanosecondes par mètre (ns/m)

3.13

qualification

mesurages de câblages installés propres aux technologies de réseau spécifiques (par exemple 100BASE-T, IEEE802.3 1000BASE-T, IEEE 1394b)

Pour les essais de qualification, il n'est pas nécessaire que la précision de mesurage des appareils de contrôle sur le terrain soit traçable par rapport à des normes nationales.

3.14

plan de référence

position de référence du câblage en essai ou du connecteur à accouplement nécessaire à laquelle les exigences de performance sont spécifiées

3.15

coefficient de réflexion

C_r (reflection coefficient)

rapport de la racine carrée complexe de l'onde réfléchie à la racine carrée complexe 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}

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

3.16

affaiblissement de réflexion

RL (return loss)

rapport entre la puissance amenée à un câble équipé terminé à l'extrémité éloignée par son impédance caractéristique nominale à la puissance réfléchie à l'accès d'entrée du câble équipé

$$RL = 20 \times \log_{10} \left(\frac{u_i}{u_r} \right) \quad \text{ou} \quad RL = -20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_{in} - Z_{nom}|}{|Z_{in} + Z_{nom}|} \right) \quad (2)$$

où

u_i est la tension incidente;

u_r est la tension de réflexion.

3.17

affaiblissement de l'écrantage (du câble équipé)

rapport de la racine carrée en mode commun de l'onde de puissance à l'intérieur d'un câble équipé écranté à la racine carrée totale de la puissance qui rayonne à l'extérieur du câble équipé

3.18

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

3.19

vérification

mesurages du câble ou câblage installé pour la continuité

Aucun autre paramètre de performance de transmission que la connectivité n'est mesuré.

4 Procédures de mesures de référence pour les propriétés électriques

4.1 Généralités

Cet article décrit les procédures de mesures de référence pour les paramètres électriques. Les procédures de mesures 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 le terrain. Si tel est le cas, la procédure doit être identifiée de façon spécifique comme convenant aux essais sur le terrain et les précautions appropriées doivent être décrites.

4.2 Considérations relatives au matériel d'essai

4.2.1 Généralités

Les procédures de mesures de référence décrites dans la présente norme exigent l'utilisation d'un analyseur de réseaux, de transformateurs à fréquence radioélectrique (symétriseurs), de cordons 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 certaines des mesures. D'autres procédures de mesures 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 r.f. avec sorties équilibrées (symétriseurs) sont nécessaires avec des connexions du signal asymétrique vers l'analyseur de réseaux.

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 mesures effectuées sont à un accès (par exemple l'affaiblissement de réflexion). Un étalonnage complet à deux accès doit être utilisé lorsque les mesures effectuées sont à deux accès (par exemple perte d'insertion).

4.2.3 Terminaison des paires de conducteurs

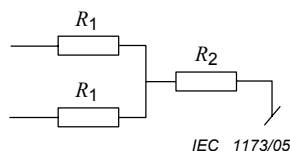
Pendant les mesures, toutes les paires de conducteurs du câblage en essai doivent se terminer aux deux extrémités par des charges à adaptation d'impédance. Pour les paires en essai, les instruments d'essai y pourvoient à une extrémité ou aux deux extrémités. Pour les paires non soumises aux essais ou non connectées aux instruments d'essai, des charges à résistances 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.

NOTE La valeur exacte de l'impédance en mode commun n'est pas critique pour la plupart des mesures. Normalement, une valeur de 75 Ω est utilisée pour les câblages non écrantés alors qu'une valeur de 25 Ω est utilisée pour les câblages écrantés.

Les charges à résistances doivent utiliser des résistances spécifiées comme ayant une précision de $\pm 0,1 \%$ en courant continu et un affaiblissement de réflexion supérieur à $40 - 10\log(f/100)$ où f est la fréquence en mégahertz (MHz). 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 atténuateur à chacune des terminaisons équilibrées 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 atténuateurs doit être $\geq$ à 6 dB (voir Figure 3). L'impédance en mode commun est d'environ le 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 donnée à la Figure 1.



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 l'impédance en mode différentiel (Ω);

R_{com} est l'impédance en mode commun (Ω).

Figure 1 – Charge à résistance

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.

4.2.4 Charges de référence pour étalonnage

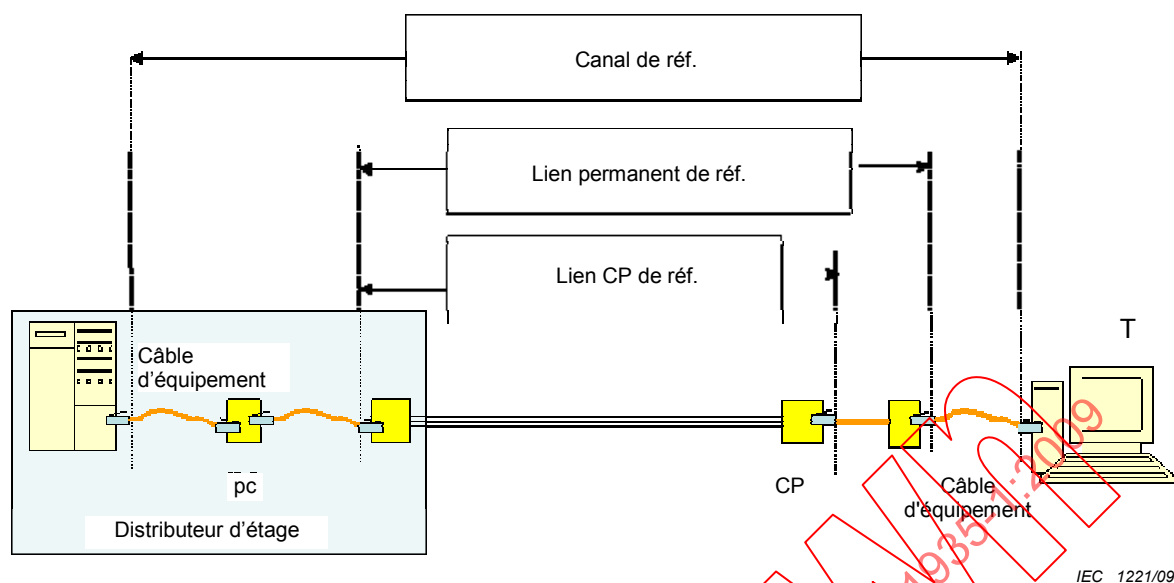
Pour effectuer un étalonnage à un ou deux accès des matériels d'essai, un court-circuit, un circuit ouvert et une impédance de terminaison sont nécessaires. Ces dispositifs doivent être utilisés pour obtenir un étalonnage au niveau du plan de référence.

L'impédance de terminaison doit être étalonnée en fonction de la référence d'étalonnage, qui doit être une charge de 50 Ω identifiable par rapport à une norme nationale 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 la CEI 61169-16, 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 >40 dB aux fréquences inférieures à 100 MHz et $>40 - 10\log(f/100)$ aux fréquences plus élevées auxquelles les mesures doivent être effectuées.

4.2.5 Configurations d'essai

Les configurations de câblage qui sont soumises à essai sur le terrain sont les suivantes (voir 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 le fonctionnement de l'ensemble du canal de transmission. Le canal de transmission tel que défini dans l'ISO/CEI 11801 (ou 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 de transition facultative 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 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 l'utilisateur final doit être utilisé pour vérifier le fonctionnement 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 lien permanent tel que défini dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) se compose d'une longueur jusqu'à 90 m de câblage capillaire et d'une connexion à chaque extrémité. Le lien permanent exclut à la fois la portion de câble du cordon d'essai de l'appareil d'essai et la connexion à l'appareil d'essai, mais elle 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.



Légende

Canal de réf.	plans de référence pour le canal
Lien permanent de réf.	plans de référence pour le lien permanent
Lien CP de réf.	plans de référence pour le lien CP
TO	prise de télécommunication (<i>telecommunication outlet</i>)
CP	point de consolidation (<i>consolidation point</i>)
Câble éq	câble de l'équipement
pc	cordon de brassage (<i>patch cord</i>)
wac	cordon de zone de travail (<i>work area cord</i>)

Figure 2 – Plans de référence pour lien et canal permanent

Les plans de référence de la configuration d'essai d'un lien permanent sont à l'extrémité des cordons d'essai du lien permanent, où le câble entre dans le corps de la fiche fixée aux cordons d'essai à l'extrémité locale et où le câble sort 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 soit à 5 mm au maximum de la définition du plan de référence pendant la réalisation des mesures sur un lien permanent. Les plans de référence de la configuration d'essai d'un canal sont à l'extrémité des cordons utilisateur où le câble entre dans le corps de la fiche fixée au cordon utilisateur à l'extrémité locale et où le câble sort de la fiche fixée au cordon 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 soit dans une zone de 5 mm autour de la définition du plan de référence pendant la réalisation des mesures sur un canal.

4.2.6 Câbles coaxiaux et cordons d'essai pour analyseurs de réseaux

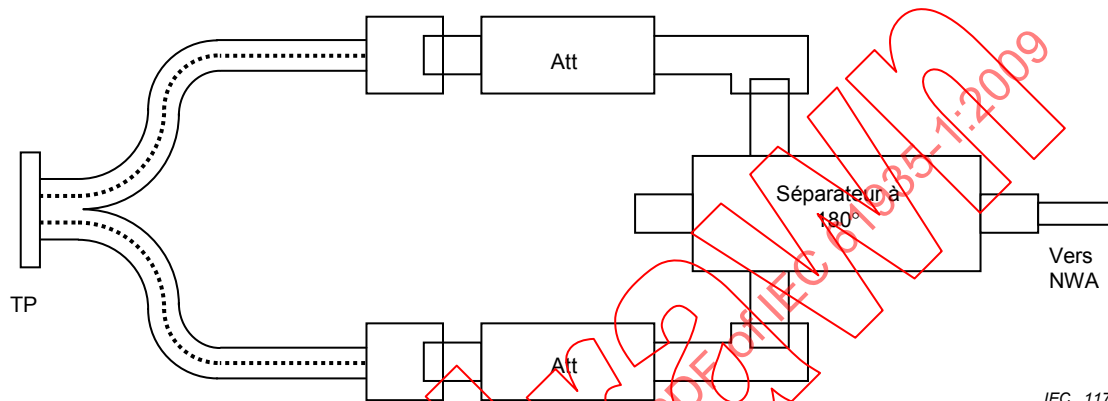
Il convient que les câbles équipés coaxiaux entre l'analyseur de réseaux et les symétriseurs soient aussi courts que possible. (Il est recommandé qu'ils ne dépassent pas 600 mm chacun). Les câbles coaxiaux doivent être doublement écrantés. Les symétriseurs doivent être fixés à un plan de masse commun.

Les cordons d'essai symétriques et le matériel de connexion associé pour effectuer la connexion entre les matériels 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 cordons d'essai symétriques doivent être limités à une longueur de 50 mm entre chaque symétriseur et le plan de référence du câblage en essai. Les paires doivent rester torsadées à partir des symétriseurs jusqu'à l'endroit où sont réalisées les connexions, et les cordons d'essai symétriques non écrantés doivent être séparés de 5 mm de tout plan de masse.

4.2.7 Exigences pour les symétriseurs

Deux classes de symétriseurs avec des niveaux de performance différents sont définies. Cela est destiné à faciliter les mesures jusqu'à 1 GHz avec les symétriseurs du commerce. Les symétriseurs peuvent être des transformateurs à symétriseur ou des hybrides à 180° avec des atténuateurs pour améliorer l'adaptation si cela s'avère nécessaire (voir Figure 3).



Légende

Att	atténuateur
Séparateur à 180°	séparateur de phase à 180°
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 gamme de fréquences pour laquelle les exigences de la classe A sont satisfaites. Un symétriseur est désigné de classe B dans la gamme de fréquences pour laquelle les exigences de la classe B sont satisfaites. Un symétriseur peut être de classe A dans une gamme de fréquences donnée et être de classe B dans une autre gamme de fréquence étendue.

Les symétriseurs de la classe A sont utilisés de manière préférentielle pour la vérification des caractéristiques de performance de toutes les classes de câblage.

Les symétriseurs de la classe B peuvent être utilisés pour vérifier les performances de toutes les classes de câblage sous réserve que la performance moindre du symétriseur soit prise en compte dans le calcul des erreurs de mesure.

Les symétriseurs doivent être protégés contre les perturbations radioélectriques et être conformes aux exigences données au Tableau 1.

Tableau 1 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai

Paramètre	Valeur en classe A	Valeur en classe B
Impédance, primaire ^a	50 Ω non symétrique	50 Ω non symétrique
Impédance, secondaire	Symétrique, adapté	Symétrique, adapté
Perte d'insertion	3 dB maximum	10 dB maximum
Affaiblissement de réflexion secondaire	12 dB minimum, 1 MHz – 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz – 550 MHz 17,5 dB minimum, 550 MHz – 600 MHz 10 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	6 dB minimum
Affaiblissement de réflexion, Mode commun ^b	15 dB minimum, 1 MHz – 15 MHz 20 dB minimum, 15 MHz – 400 MHz 15 dB minimum, 400 MHz – 600 MHz 10 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	10 dB minimum
Puissance nominale	0,1 W minimum	0,1 W minimum
Équilibre longitudinal ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	35 dB minimum
Équilibre signal de sortie ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 40 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	35 dB minimum
Réjection en mode commun ^c	60 dB minimum, 15 MHz – 350 MHz 50 dB minimum, 350 MHz – 600 MHz 10 dB minimum, 600 MHz – 1 000 MHz	35 dB minimum
Lignes directrices spéciales pour l'utilisation de symétriseurs: - Pour une plus grande précision, il convient que les symétriseurs soient fournis avec des connecteurs (par exemple avec des connecteurs conformes à la CEI 60169-22). - Les symétriseurs de classe A sont privilégiés pour la précision. - Les symétriseurs de classe B peuvent être utilisés sur toute la gamme de fréquences à laquelle s'appliquent leurs spécifications, à condition que l'équilibre de leur signal de sortie soit supérieur à 50 dB en dessous de 100 MHz. - Pour les symétriseurs de classe B, il y a un compromis entre la perte d'insertion et l'affaiblissement de réflexion. L'affaiblissement de réflexion peut être amélioré en utilisant un atténuateur, ce qui augmente alors la perte d'insertion. Si l'affaiblissement de réflexion est inférieur à 10 dB, la perte d'insertion doit être inférieure à 5 dB. Si la perte d'insertion est supérieure à 5 dB, l'affaiblissement de réflexion doit être supérieur à 10 dB. - Pour les câbles de 120 Ω, les symétriseurs de 120 Ω seront utilisés uniquement dans les cas où l'utilisateur le demande. En général, des symétriseurs de 100 Ω seront utilisés.		
^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 non symétrique du symétriseur doit être terminée par une charge de 50 Ω. ^c Mesuré selon les Recommandations UIT-T G.117 et UIT-T O.9.		

4.2.8 Précautions concernant les mesures par l'analyseur de réseaux

Pour assurer un niveau élevé de fiabilité des mesures 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;

- b) des symétriseurs et des charges à résistance cohérentes et stables doivent être utilisés pour chaque paire pendant toute la séquence d'essai (voir 4.2.3);
- c) éviter avant, pendant et après les essais les discontinuités dans les câbles et les adaptateurs, qui peuvent être causées par les flexions, les coudes en équerre et les forces contraignantes;
- d) préserver, dans toute la mesure du possible, l'espacement relatif des paires de conducteurs pendant toute la durée des essais;
- e) maintenir les conducteurs des câbles symétriques et les interconnexions d'essai non écrantés à l'écart des surfaces métalliques, telles que les plans de masse, et isolés des sources de brouillage électromagnétique;
- f) maintenir, dans la mesure du possible, la symétrie des câbles par des longueurs de conducteurs et un tors adage de paires cohérents jusqu'au point de charge;
- g) maintenir les longueurs des lignes imprimées et des câbles symétriques coaxiaux aussi courtes que possible de façon à réduire les effets parasites et la résonance;
- h) réaliser les connexions avec les symétriseurs et les interfaces des embases de circuit intégré de telle sorte que le mouvement du conducteur résultant de la connexion des différentes paires à l'analyseur de réseaux/aux symétriseurs produise une variabilité minimale pour des mesures répétées sur le même câble de référence ($\pm 0,25$ dB ou moins est acceptable). Lorsque c'est possible, 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 mesures à des fréquences élevées nécessite de prêter attention aux détails 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 s'il est possible d'obtenir une répétabilité satisfaisante des mesures d'au moins ± 1 dB.

4.2.9 Compte rendu et précision 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 dans le résultat. Les valeurs des différentes sources d'erreur sont basées sur les spécifications des appareils de mesure, les erreurs calculées à partir de charges d'étalonnage imparfaites et sur l'expérience des mesures. L'incertitude globale estimée des mesures est calculée comme étant le double de la contribution d'incertitude provenant des différentes sources d'erreurs. L'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 globale des mesures se définit comme $2 \sigma_{\text{res}}$, ce qui est approximativement équivalent à un niveau de confiance de 95 %. Une bande d'incertitude des mesures est déterminée de chaque côté de la limite spécifiée.

Les résultats d'essai qui sont hors de la bande d'incertitude sont déclarés «acceptés» ou «refusés». Les résultats d'essai qui sont à l'intérieur de la bande d'incertitude sont déclarés «*acceptés» ou «*refusés» selon le cas. Il doit être défini dans les spécifications particulières appropriées 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.

4.3 Résistance de boucle en courant continu

Cet essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.3.1 Objectif

L'objectif de cet essai est de s'assurer de la continuité en courant continu et à basse fréquence des conducteurs.

4.3.2 Méthode d'essai

La mesure de la résistance en boucle doit être effectuée 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 Matériel et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes adapté aux mesures 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 illustré à la Figure 4.

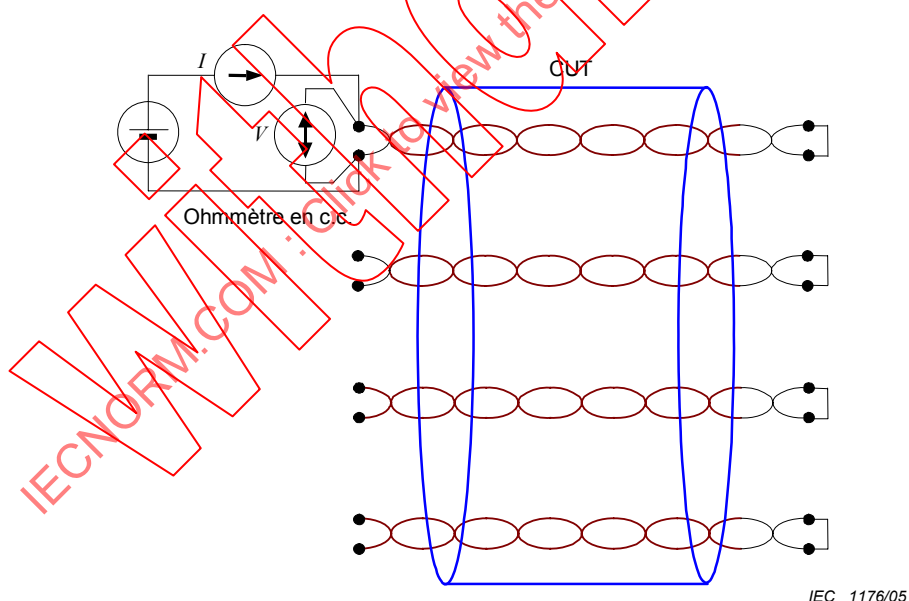
4.3.4 Procédure

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.

4.3.4.2 Mesure

La résistance en boucle pour les quatre paires doit être mesurée.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
V	tension appliquée au câblage en essai
I	courant appliqué au câblage en essai
Ohmmètre en c.c.	ohmmètre en courant continu

Figure 4 – Mesure de la résistance en 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 mesures de résistance de référence en courant continu doit être inférieure à $0,1 \Omega$ dans la gamme de 0Ω à 50Ω .

4.4 Asymétrie de résistance en courant continu

Cet essai s'applique aux essais de câblage en laboratoire.

4.4.1 Objectif

Cet essai est destiné à s'assurer que l'asymétrie de résistance en courant continu satisfait aux exigences.

4.4.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai est montrée à la Figure 5. La configuration d'essai pour un fil y est montrée. La mesure de l'asymétrie de résistance doit être effectuée 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:

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \times 100 \quad (6)$$

où

ΔR est l'asymétrie de résistance exprimée en %.

4.4.3 Matériel et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes adapté aux mesures de faible résistance doit être utilisé.

4.4.4 Procédure

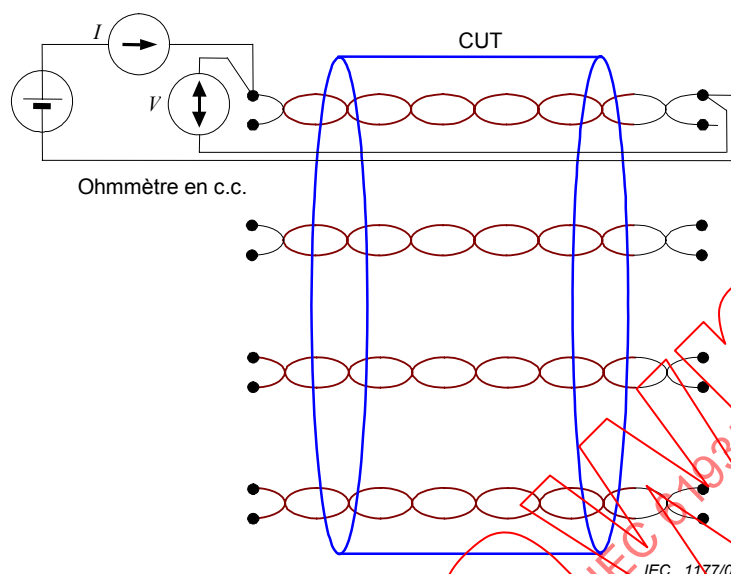
4.4.4.1 Étalonnage

L'ohmmètre doit être étalonné pour 0Ω aux extrémités des conducteurs d'essai. Après étalonnage, les conducteurs d'essai doivent être connectés au câblage au plan de référence de mesure.

4.4.4.2 Mesure

Mesurer la résistance en courant continu de chaque fil d'une paire. Calculer ensuite l'asymétrie de résistance en courant continu selon l'Équation (6).

L'asymétrie de résistance en courant continu des quatre paires doit être mesurée.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
V	tension appliquée au fil en essai
I	courant appliqué au fil en essai
Ohmmètre en c.c.	ohmmètre en courant continu

Figure 5 – Mesure 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 mesures de l'asymétrie de résistance en courant continu doit être inférieure à 0,5% + 0,05 Ω dans la plage de 0 Ω à 50 Ω .

4.5 Perte d'insertion

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 nécessaire de disposer d'un générateur et d'un récepteur séparés.

4.5.1 Objectif

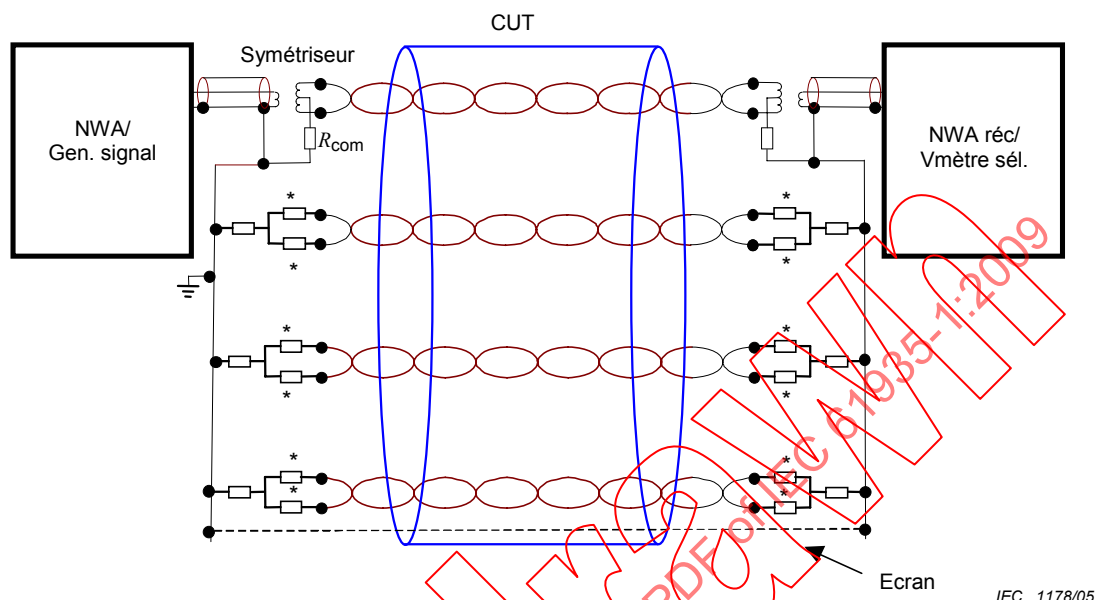
Cet essai est destiné à mesurer la perte d'insertion du câblage en essai.

4.5.2 Méthode d'essai

La perte d'insertion est mesurée en déterminant la perte de signal du câblage en essai, par référence à la perte de signal d'une connexion courte entre les accès d'essai et l'instrument de mesure.

4.5.3 Matériel et montage d'essai

Les exigences générales pour les instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 6 et le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence définis à la Figure 2.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
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 d'adaptation (appairées)
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 perte d'insertion

4.5.4 Procédure

4.5.4.1 Étalonnage

Un étalonnage de transmission (S21) à deux accès doit être effectué au plan de référence. Pour cela, appliquer un câble d'étalonnage entre les bornes des symétriseurs et effectuer la mesure d'étalonnage appropriée.

4.5.4.2 Mesure

Des mesures de perte d'insertion étalonnées du câblage doivent être effectuées. Chaque paire doit être mesurée. Les paires doivent être terminées par des charges conformément à 4.2.3 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges selon 4.2.3 doivent être appliquées aux paires de câbles en essai. Des charges en mode commun ne sont pas nécessaires pour les paires qui ne sont pas en essai. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence ne doit pas être supérieure à 0,5 MHz jusqu'à 100 MHz et à 5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

4.5.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableaux avec les limites de spécification portées sur les graphiques ou dans le tableau aux mêmes fréquences que celles stipulées dans la spécification particulière applicable. Les résultats doivent être consignés pour toutes les paires. Il doit être explicitement noté si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.5.6 Correction de température

Il convient d'effectuer les mesures de perte d'insertion à la température de fonctionnement maximale attendue du câblage, qui peut être affectée par la puissance en courant continu qui est fournie sur le système de câblage.

S'il n'est pas possible de conduire les mesures à la température de fonctionnement la plus élevée prévue du câblage, il convient d'effectuer des ajustements pour les pertes d'insertion en les basant sur la différence estimée entre la température de fonctionnement la plus élevée attendue de l'installation et la température réelle au moment de la mesure. Cette question peut s'avérer critique lorsque les longueurs des liens sont proches de la valeur maximale.

Le coefficient de température pour un câblage écranté est de 0,2 %/°C. Pour les câblages non écrantés, le coefficient de température est 0,4 %/°C en dessous de 250 MHz et 0,6 %/°C au-dessus de 250 MHz, voir la CEI 61156-5, la CEI 61156-6, la CEI 61156-7 et la CEI 61156-8.

4.5.7 Incertitude

L'incertitude des mesures de la perte d'insertion de référence pour le câblage doit être inférieure à 0,5 dB.

4.6 Temps de propagation et différence des temps de propagation

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. Les appareils de contrôle sur le terrain font appel à des méthodes de réflectométrie dans le domaine temporel. La performance de la précision des mesures du temps de propagation sur le terrain est déterminée par comparaison avec la méthode d'essai de référence décrite dans le présent paragraphe.

4.6.1 Objectif

Cet essai est destiné à mesurer le temps de propagation et la différence des temps de propagation du câblage en essai.

4.6.2 Méthode d'essai

Le temps de propagation se mesure en déterminant le retard de phase d'un signal transmis à travers le câblage à l'aide de l'Équation (7).

$$\delta = \frac{\phi}{2\pi f} \quad (7)$$

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.

4.6.3 Matériel et montage d'essai

Le montage est le même que pour les mesures de la perte d'insertion (voir 4.5.3). 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, S21.

4.6.4 Procédure

4.6.4.1 Étalonnage

Voir 4.5.4.1.

4.6.4.2 Mesure

Voir 4.5.4.2, mais noter que pour cette mesure, 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 . Pour les câblages conformes, cela est obtenu en limitant les échelons de fréquence à 1,7 MHz ou moins. Afin d'assurer une marge adéquate, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 1 MHz.

4.6.4.3 Calculs

Certains analyseurs de réseaux donnent un affichage de la trace de phase continue de l'élément en essai. Cet affichage peut être inséré directement dans l'Équation (8). 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 phase mesurée en fonction de la fréquence, par conséquent:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (8)$$

où

φ_f est la phase accumulée, en degrés;

φ_m est la phase mesurée, en degrés;

n est le nombre de fois où la phase mesurée a passé $-\pi$ pendant la mesure de la fréquence la plus faible à la fréquence réelle, f .

Le temps de propagation est calculé en appliquant la formule donnée dans l'Équation (7).

La différence est calculée sous la forme de la différence entre les temps de propagation mesurés des paires individuelles.

4.6.5 Rapport d'essai

Le temps de propagation et la différence sont consignés à 10 MHz. Les résultats à d'autres fréquences doivent être consignés si la spécification intermédiaire appropriée le demande.

4.6.6 Incertitude

L'incertitude des mesures du temps de propagation de référence doit être inférieure à 2,5 ns dans la gamme de 0 ns à 60 ns.

L'incertitude des mesures de la différence des temps de propagation de référence doit être inférieure à 5 ns dans la gamme de 0 ns à 600 ns.

4.7 Paradiaphonie (NEXT) et puissance cumulée de paradiaphonie

Cette méthode d'essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.7.1 Objectif

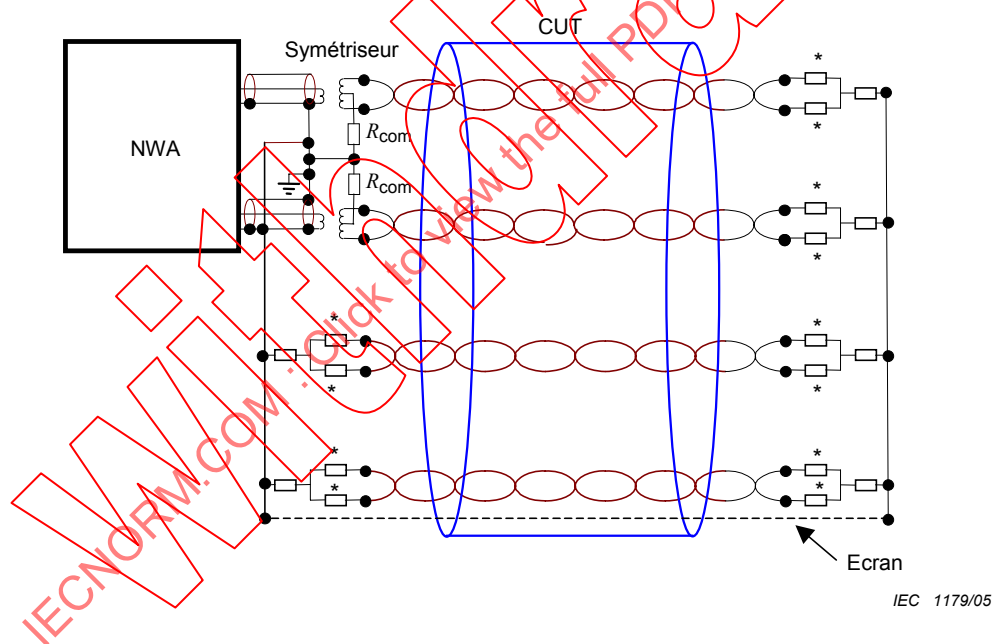
Cet essai est destiné à déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire et le signal reçu à l'extrémité proche d'une paire différente.

4.7.2 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.

4.7.3 Matériel et montage d'essai

Les exigences générales pour les instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 7 et le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence montrés à la Figure 2.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
NWA	analyseur de réseaux
*	résistances adaptées (en paires)
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

4.7.4 Procédure

4.7.4.1 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 4.2.3. Si la paradiaphonie résiduelle est à moins de 30 dB de la paradiaphonie mesurée, un étalonnage de l'isolation doit être effectué. Le seuil de bruit doit être mesuré de la même façon. Si le seuil de bruit est à moins de 30 dB de la paradiaphonie mesurée, la gamme dynamique doit être augmentée en augmentant la puissance d'essai et en diminuant la largeur de bande de mesure, comme il convient. Pour un câblage avec une paradiaphonie élevée, cela n'est pas toujours possible et, dans ce cas, la valeur réelle de la paradiaphonie résiduelle et du seuil de bruit doit être estimée dans le calcul de l'incertitude.

4.7.4.2 Mesure

Des mesures de la paradiaphonie étalonnée du câblage doivent être effectuées. Chaque combinaison de paires doit être mesurée à partir de l'extrémité proche et de l'extrémité éloignée du câblage en essai. Pour un câblage à quatre paires, six mesures sont effectuées à chaque extrémité, ce qui donne un total de douze mesures. Les paires doivent être terminées avec des charges selon 4.2.3 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges doivent être conformes aux exigences données en 4.2.3. Le câblage 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 la mesure doivent avoir des terminaisons à l'extrémité proche. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons différentielles et en mode commun (voir Figure 7). Les écrans doivent être connectés à l'accès de terre en mode commun aux deux extrémités. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 150 kHz jusqu'à 31,25 MHz; à 250 kHz jusqu'à 100 MHz; à 500 kHz jusqu'à 250 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

4.7.4.3 Calculs

La paradiaphonie ($NEXT$) est calculée à partir de:

$$NEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21,i,k}| \quad (9)$$

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 gamme de fréquences spécifiée à partir de:

$$PSNEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1 \cdot NEXT_{i,k}} \right) \quad (10)$$

où

$PSNEXT_k$ est la puissance cumulée de paradiaphonie à la paire perturbée k en dB.

n est le nombre de paires;

4.7.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesures de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.7.6 Incertitude

L'incertitude des mesures de paradiaphonie de référence est définie comme valable à la limite d'acceptation/de refus pour le lien permanent de classe F. La précision de mesure doit être supérieure à 1 dB à 100 MHz, 1,2 dB à 250 MHz et 2 dB à 1 000 MHz. Ces valeurs de précision sont valables à la fois pour la mesure de paradiaphonie et pour la mesure 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 5.5)

4.8 Rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche (ACR-N) et à la puissance cumulée de ACR-N

Cet essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câblages installés.

4.8.1 Objectif

Cet essai est destiné à déterminer la contribution de la paradiaphonie et de la perte d'insertion au rapport signal sur bruit.

4.8.2 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 mesures ainsi obtenues.

4.8.3 Matériel et montage d'essai

Se référer à 4.5 et 4.7.

4.8.4 Procédure

Se référer à 4.5 et 4.7.

4.8.4.1 Calculs

Le rapport ACR-N de la paire perturbée k à la paire perturbante i est calculé à partir de l'Équation (11).

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (11)$$

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 ACR-N 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 de ACR-N doit être calculée à partir des valeurs mesurées de la puissance cumulée de paradiaphonie.

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 portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesures de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.8.6 Incertitude

L'incertitude des mesures de l'ACR-N correspond à la somme calculée des incertitudes des mesures de perte d'insertion et de paradiaphonie et doit être calculée comme en 4.2.9.

4.9 Télédiaphonie (FEXT) et puissance cumulée de télédiaphonie

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 être requis.

4.9.1 Objectif

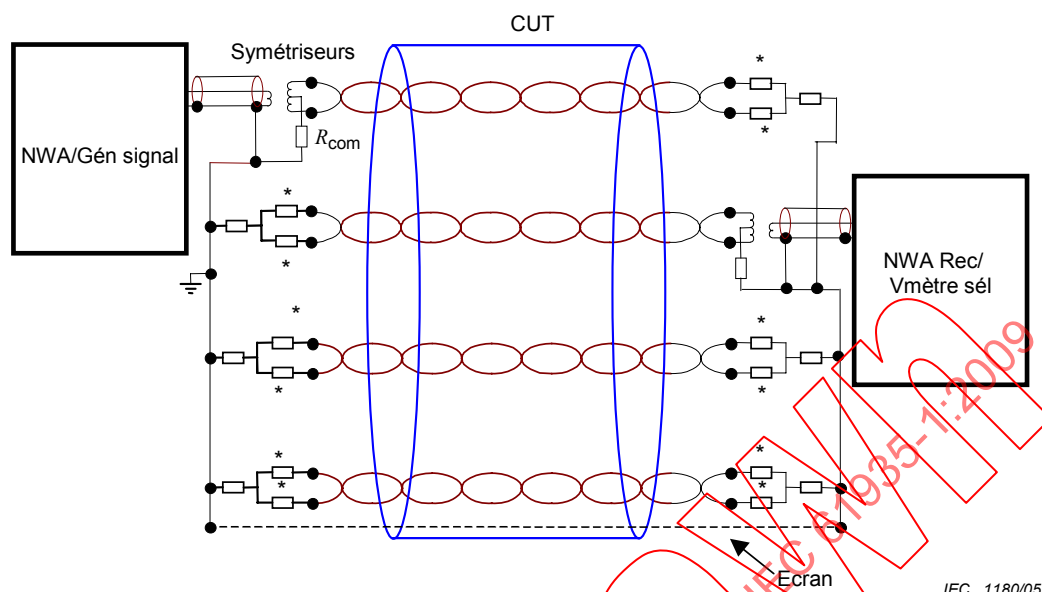
Cet essai est destiné à déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire et le signal reçu à l'extrémité éloignée sur une paire différente.

4.9.2 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.

4.9.3 Matériel et montage d'essai

Les exigences générales pour les instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est représentée à la Figure 8 et le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence montrés à la Figure 2.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
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 (en paires)
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 Il est permis d'utiliser un analyseur de réseaux après s'être assuré 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

4.9.4 Procédure

4.9.4.1 Étalonnage

La méthode d'étalonnage est la même que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.7.4.1).

4.9.4.2 Mesure

Des mesures de pertes par télédiaphonie du câblage doivent être effectuées 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 mesures est nécessaire. Les paires doivent être terminées comme défini pour les mesures de paradiaphonie. Les exigences pour la taille maximale des échelons de fréquence sont aussi les mêmes que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.7.4.2).

4.9.4.3 Calculs

La télédiaphonie de la paire perturbante i à la paire perturbée k est calculée à partir de:

$$FEXT_{i,k} = -20 \log |S_{21_{i,k}}| \quad (12)$$

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 gamme de fréquences spécifiée:

$$PSFEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1 \times FEXT_{i,k}} \right) \quad (13)$$

où

$PSFEXT_k$ est la puissance cumulée de télédiaphonie à la paire perturbée k en dB;

n est le nombre de paires.

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 portées 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.

4.9.6 Incertitude des mesures de télédiaphonie

L'incertitude des mesures de télédiaphonie est supposée être approximativement la même que dans le cas des mesures de paradiaphonie.

4.10 Télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) et rapport de l'affaiblissement à la diaphonie, extrémité éloignée (ACR-F)

4.10.1 Objectif

L'objet de cet essai est de déterminer l'écart télédiaphonique (ELFEXT) ou le rapport d'affaiblissement à la diaphonie, à l'extrémité éloignée (ACR-F) par calcul à partir des mesures de perte d'insertion et de télédiaphonie.

4.10.2 Calculs

Le rapport ACR-F entre la paire perturbante i et la paire perturbée k est calculé à partir des expressions:

$$ACRF_{i,k} = FEXT_{i,k} - IL_k \quad (14)$$

où

$ACRF_{i,k}$ 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 mesure de la perte par télédiaphonie entre la paire perturbante i et la paire perturbée k en dB.

IL_k est la mesure de la perte d'insertion de la paire perturbée k en dB.

Pour un câblage à quatre paires, il y a 12 résultats ELFEXT et 12 résultats ACR-F.

Le rapport de la puissance cumulée de ACR-F à la paire perturbée k est calculée à partir de l'expression:

$$PSACRF_k = PSFEXT_k - IL_k \quad (15)$$

où

$PSACRF_k$ est la valeur calculée du rapport de la puissance cumulée de ACR-F à la paire k en dB;

$PSFEXT_k$ 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 .

4.10.3 Rapport d'essai

Voir 4.8.5.

4.10.4 Incertitude

L'incertitude des mesures de télédiaphonie de niveau égal et de ACR-F correspond à la somme des incertitudes calculées des mesures de perte d'insertion et des mesures de télédiaphonie et elle doit être calculée comme indiqué en 4.2.9

4.11 Affaiblissement de réflexion

Cet essai est applicable aux câblages dans un environnement de laboratoire et pour les câblages installés.

4.11.1 Objectif

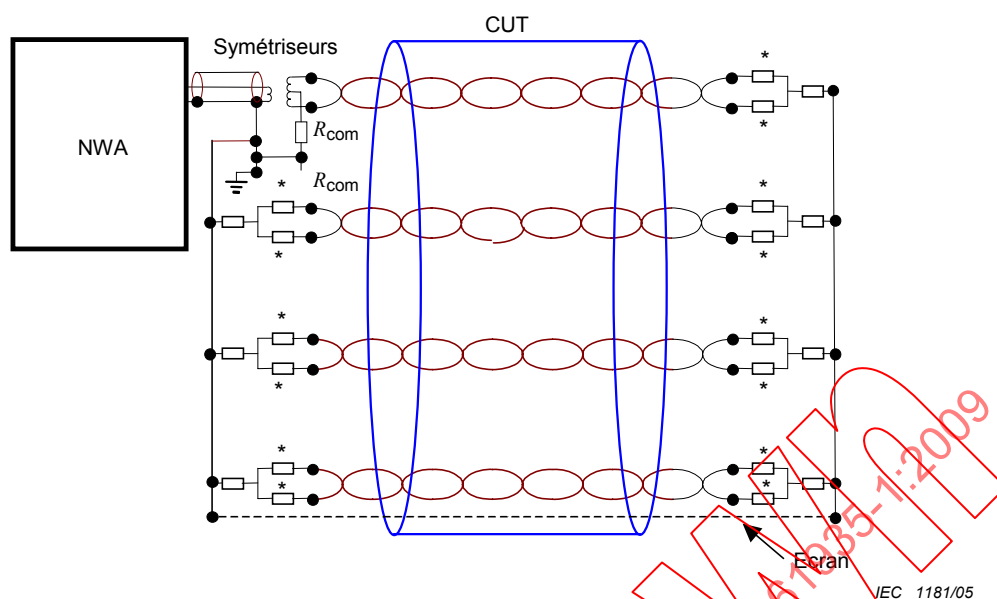
Cet essai est destiné à mesurer l'affaiblissement de réflexion du câble équipé.

4.11.2 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 4.2.3.

4.11.3 Matériel et montage d'essai

Les exigences générales pour les instruments de mesure s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est illustrée à la Figure 9. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la Figure 2



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
NWA	analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
*	résistances adaptées (en paires)
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

4.11.4 Procédure

4.11.4.1 Étalonnage

Un étalonnage complet à un accès (S11) doit être effectué au plan de référence.

4.11.4.2 Mesure

Chaque paire doit être mesurée. L'extrémité éloignée du câblage doit être terminée par des charges selon 4.2.3, qui sont intégrées dans un connecteur qui s'accouple au connecteur de l'extrémité éloignée du câblage. Les charges doivent être conformes aux exigences données en 4.2.3. Les paires de l'extrémité proche peuvent être laissées ouvertes quand elles ne sont pas en essai.

Les charges en mode commun ne sont pas nécessaires. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 250 kHz jusqu'à 100 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

L'affaiblissement de réflexion pour les deux extrémités du câblage doit être mesuré si la spécification particulière appropriée l'exige.

4.11.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

4.11.6 Incertitude

L'incertitude est spécifiée à la limite de performance pour un lien permanent de classe F.

L'incertitude des mesures de l'affaiblissement de réflexion ne doit pas dépasser 1 dB jusqu'à 250 MHz et 2 dB jusqu'à 1 000 MHz.

NOTE Cela est fondé sur une précision de la charge de référence pour étalonnage telle qu'elle est spécifiée en 4.2.4.

4.12 Puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT – Diaphonie exogène)

4.12.1 Objectif

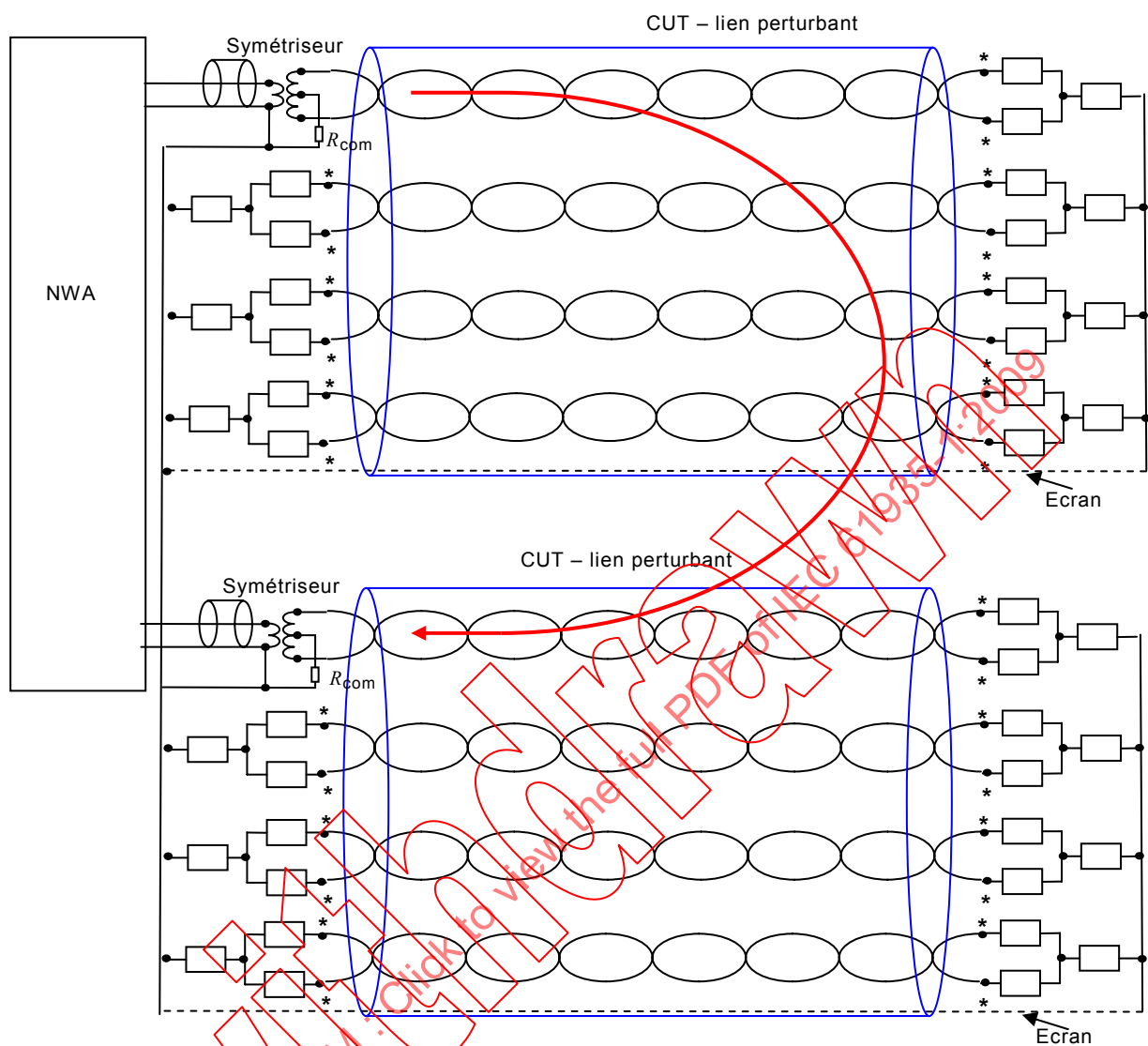
Cet essai est destiné à déterminer la puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT) du câblage. Cet essai est applicable aux câblages dans un environnement de laboratoire et pour les câblages installés. Un échantillon d'ensemble de mesure de référence en laboratoire est décrit à l'Annexe B.

4.12.2 Méthode d'essai

Les contributions en paradiaphonie exogène (ANEXT) à une PS ANEXT globale sont mesurées en appliquant le signal en l'extrémité proche à une paire à un lien perturbant et en mesurant le signal couplé en 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 paradiaphonie exogène des puissances cumulées (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.

4.12.3 Matériel et montage d'essai

La configuration d'essai pour un mesurage de paradiaphonie exogène est montrée à la Figure 10. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la Figure 2.



IEC 1222/09

Légende

CUT – lien perturbé câblage en essai – lien perturbant

CUT – lien perturbant câblage en essai – lien perturbé

NWA analyseur de réseaux

* résistances adaptées (en paires)

Écran écran (le cas échéant)

 R_{com} impédance en mode commun

Symétriseur symétriseurs à l'interface entre les équipements de laboratoire et le câblage symétrique

Figure 10 – Mesure de la paradiaphonie exogène (ANEXT)**4.12.4 Procédure****4.12.4.1 Étalonnage**

Un étalonnage de transmission (S21) doit être effectué au plan de référence.

Le seuil de bruit de la mesure peut affecter considérablement les résultats. Si le seuil de bruit est à moins de 30 dB de la paradiaphonie exogène mesurée, il convient d'augmenter la gamme 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, cela n'est pas toujours possible et, dans ce 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 5.4.7.4).

4.12.4.2 Mesure

Des mesures de paradiaphonie exogène étalonnées du câblage doivent être effectuées. Pour chaque paire, la paradiaphonie exogène de chaque paire d'un lien perturbant en étroite proximité doit être mesurée. Pour chaque lien perturbant à perturbé, il y a 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 mesures de paradiaphonie exogène à effectuer est de 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 de laboratoire de référence décrite à l'Annexe B, il y a un minimum de 6 canaux perturbants autour d'un canal perturbé seul. Une caractérisation complète comprend donc un minimum de 2×96 mesures de paradiaphonie exogène de combinaisons de paires. Pour les stratégies d'essai d'échantillonnage des câbles installés, voir 5.4.8.

Les symétriseurs fournissent l'interface avec le câblage en essai. Toutes les paires du lien perturbé et perturbant qui ne sont pas directement reliées aux symétriseurs doivent être terminées par des charges selon 4.2.3. Les charges doivent être conformes aux exigences données en 4.2.3. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons différentielles et en mode commun; voir la Figure 10. Les résistances en mode commun des terminaisons et les écrans, le cas échéant, doivent être connectés à l'accès de terre en mode commun aux deux extrémités. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 150 kHz jusqu'à 31,25 MHz; à 250 kHz jusqu'à 100 MHz; à 500 kHz jusqu'à 250 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

4.12.4.3 Calculs

La réponse en fréquence de la puissance cumulée de paradiaphonie exogène (PS ANEXT) de la paire k d'un canal perturbé est calculée par l'Équation (16).

$$PSANEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-ANEXT_{k,i,j}(f)}{10}} \right) \quad (16)$$

où

- $PSANEXT_k(f)$ est 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 qui pourraient perturber la canal perturbé.

La valeur moyenne de la réponse en fréquence de la PS ANEXT, en dB, de toutes les paires est calculée en moyennant les valeurs de chaque paire exprimée en dB comme dans l'Équation (17).

$$PSANEXT_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 PSANEXT_k(f) \quad (17)$$

4.12.4.4 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesures de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.12.4.5 Incertitude

L'incertitude des mesures de PS ANEXT de référence est définie comme étant valide à la limite d'acceptation/refus. Les équations d'erreur comme en 6.10 s'appliquent, sauf que la contribution à l'erreur du bruit aléatoire se dégrade de 3 dB chaque fois que double le nombre de mesures de paradiaphonie qui sont incluses dans le résultat global de la puissance cumulée.

4.13 Rapport de la puissance cumulée de l'affaiblissement à la diaphonie exogène, télédiaphonie (PS AACR-F – Diaphonie exogène)

4.13.1 Objectif

Cet essai est destiné à mesurer le rapport de l'atténuation des puissances cumulées à la diaphonie exogène, extrémité éloignée du câble équipé. 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 être requis.

Un échantillon d'ensemble de mesure de référence en laboratoire est décrit à l'Annexe B.

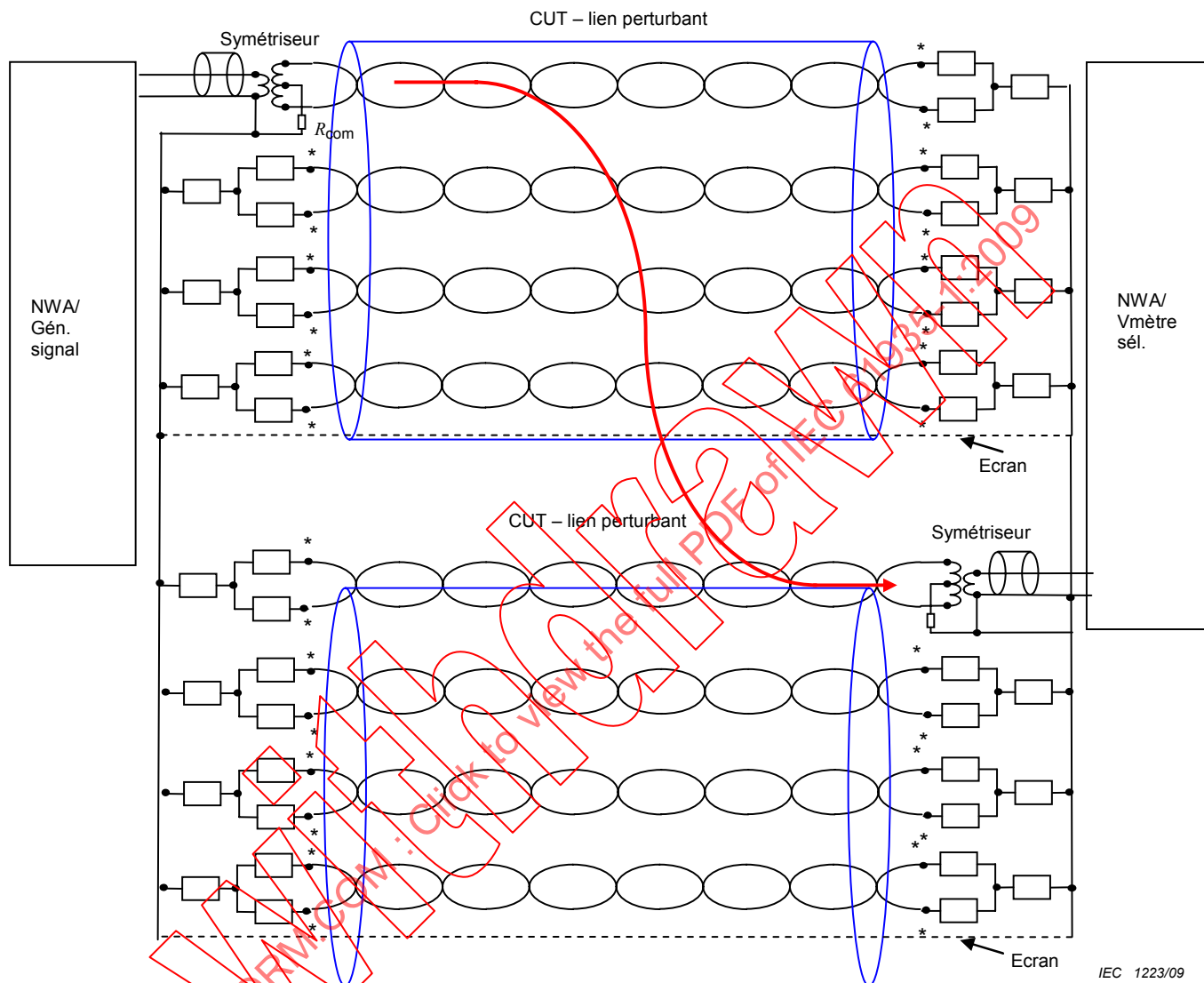
4.13.2 Méthode d'essai

Les contributions en télédiaphonie exogène à une PS AFEXT globale sont mesurées en appliquant le signal en l'extrémité proche à une paire à un canal ou lien perturbant et en mesurant le signal couplé en 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 AFEXT. Puis la valeur de la PS AFEXT pour chaque paire dans un canal ou un lien perturbé est obtenue par sommation de puissances des résultats de télédiaphonie exogène normalisés à cette paire de toutes les paires dans des liens perturbants à proximité immédiate.

4.13.3 Matériel et montage d'essai

La configuration d'essai pour un mesurage de télédiaphonie exogène est montrée à la Figure 11. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la Figure 2.



IEC 1223/09

Légende

CUT – lien perturbant	câblage en essai – lien perturbant
CUT – lien perturbé	câblage en essai – lien perturbé
NWA / Gén. signal	générateur de signal de l'analyseur de réseaux ou générateur de signal
NWA / Vmètre sél.	récepteur de l'analyseur de réseaux ou voltmètre sélectif
*	résistances adaptées (en paires)
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

NOTE Il est permis d'utiliser un analyseur de réseaux après s'être assuré 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 11 – Mesure de télédiaphonie exogène

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 de la mesure peut affecter considérablement les résultats. Si le seuil de bruit est à moins de 30 dB de la télédiaphonie exogène mesurée, il convient d'augmenter la gamme 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, cela n'est pas toujours possible et, dans ce 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 5.4.7.4.

4.13.4.2 Mesure

Des mesures calibrées de pertes par télédiaphonie exogène du câblage doivent être effectuées 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 mesures est nécessaire. Les paires doivent être terminées comme défini pour les mesures de paradiaphonie. Les exigences pour la taille maximale des échelons de fréquence sont aussi les mêmes que dans le cas de la paradiaphonie (voir 4.7.4.2).

Pour chaque paire, la télédiaphonie exogène de chaque paire d'un lien perturbant en étroite proximité doit être mesurée. Pour chaque lien perturbant à perturbé, il y a 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 mesures de paradiaphonie exogène à effectuer est de 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 de laboratoire de référence décrite à l'Annexe B, il y a un minimum de 6 canaux perturbants autour d'un canal perturbé seul. Une caractérisation complète comprend donc un minimum de 2×96 mesures de télédiaphonie exogène de combinaisons de paires. Pour les stratégies d'essai d'échantillonnage des câbles installés, voir 5.4.8.

Les symétriseurs fournissent l'interface avec le câblage en essai. Toutes les paires du lien perturbé et perturbant qui ne sont pas directement reliées aux symétriseurs doivent être terminées par des charges selon 4.2.3. Les charges doivent être conformes aux exigences données en 4.2.3. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons différentielles 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 aux deux extrémités. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 150 kHz jusqu'à 31,25 MHz; à 250 kHz jusqu'à 100 MHz; à 500 kHz jusqu'à 250 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

4.13.4.3 Calcul du PS AACR-F à partir de mesures de l'AFEXT et de 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 (18) et (19).

Si $IL_k(f) - IL_{i,j}(f) > 0$, alors:

$$AFEXT_{norm,k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) + IL_k(f) - IL_{i,j}(f) - 10 \log \left(\frac{IL_k(f)}{IL_{i,j}(f)} \right) \quad (18)$$

Autrement

$$AFEXT_{norm,k,i,j}(f) = AFEXT_{k,i,j}(f) \quad (19)$$

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, il est admis d'utiliser la réponse moyenne, en dB, de toutes les paires. Dans le rapport relatif à $IL_k(f)$, la perte d'insertion moyenne à 250 MHz peut être utilisée.

Pour les câblages écrantés répondant aux exigences d'affaiblissement de couplage indiquées dans l'ISO/CEI 11801, le résultat de l'Équation (23) 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 par l'Équation (20).

$$PSAFEXT_k(f) = -10 \log \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \frac{10^{\frac{-AFEXT_{norm,k,i,j}(f)}{10}}}{10} \right) \quad (20)$$

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 par l'Équation (21).

$$PSAACRF_k(f) = PSAFEXT_k(f) - IL_{avg}(f) \quad (21)$$

où

$PSAACRF_k(f)$ est la valeur calculée du PS AACR-F à la paire k en dB.

f est la fréquence;

k est le numéro de la paire perturbée;

$IL_{avg}(f)$ est la réponse en fréquence de la perte d'insertion moyenne de toutes les paires, exprimée en dB. Lorsqu'elle est requise, elle doit être mesurée conformément à 4.5.

La réponse en fréquence de la perte d'insertion moyenne est calculée par l'Équation (22).

$$IL_{avg}(f) = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 IL_n(f) \quad (22)$$

NOTE Les paires extérieures au canal perturbé sont toutes les paires entourant le canal qui appartiennent à d'autres canaux perturbants à proximité immédiate qui pourraient perturber le canal perturbé.

La réponse en fréquence de la PS AFEXT moyenne de toutes les paires est calculée en moyennant les valeurs de chaque paire exprimée en dB comme dans l'Équation (23).

$$PSAFEXT_{avg}(f) = \frac{1}{4} \left(\sum_{k=1}^4 PSAFEXT_k(f) \right) \quad (23)$$

La réponse en fréquence du PS AACR-F moyen en dB est calculée par l'Équation (24).

$$PSAACRF_{avg}(f) = PSAFEXT_{avg}(f) - IL_{avg}(f) \quad (24)$$

où

$PSAACRF_{avg}(f)$ est la valeur moyenne calculée du PS AACR-F en dB.

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 portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesures de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les exigences.

4.13.4.5 Incertitude

L'incertitude des mesures de référence de PS AACR-F est définie comme étant valide à la limite d'acceptation/refus. Les équations d'erreur comme en 6.10.7 s'appliquent, sauf que la contribution à l'erreur du bruit aléatoire se dégrade de 3 dB chaque fois que double le nombre de mesures de télédiaphonie exogène qui sont incluses dans le résultat global des puissances cumulées.

4.14 Affaiblissement asymétrique, extrémité proche

Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire.

4.14.1 Objectif

Cet essai est destiné à mesurer l'affaiblissement asymétrique, 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*).

4.14.2 Méthode d'essai

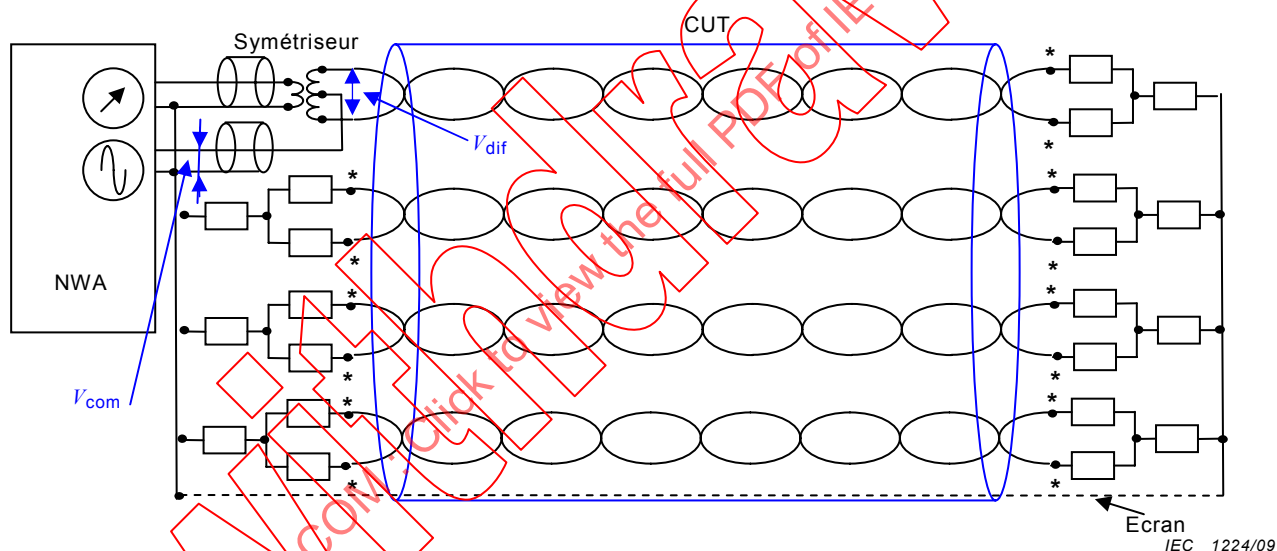
L'affaiblissement asymétrique, à l'extrémité proche ou TCL, est mesuré en calculant le rapport de la puissance en mode différentiel à la puissance en mode commun sur une paire dans un système de câblage, qui fonctionne en mode différentiel seulement.

La tension en mode différentiel V_{dif} et la tension en mode commun V_{com} sont illustrées à la Figure 12.

4.14.3 Matériel et montage d'essai

La configuration d'essai utilisant des symétriseurs dans le mesurage est décrite dans le détail. Les analyseurs de réseaux à plusieurs accès peuvent fournir des mesures des tensions de nœud qui sont toutes référencées au zéro de référence des mesures. Cela évite l'utilisation de symétriseurs et peut fournir une exactitude plus élevée des mesures d'affaiblissement asymétrique aux hautes fréquences.

Les exigences relatives à l'instrumentation s'appliquent; voir 4.2. La configuration d'essai est illustrée à la Figure 12. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués en 4.2.5.



Légende

CUT	câblage en essai (<i>cabling under test</i>)
NWA	analyseur de réseaux avec une unité d'essai du paramètre S
*	résistances adaptées (en paires)
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

4.14.4 Procédure

4.14.4.1 Étalonnage

L'étalonnage de l'affaiblissement TCL est réalisé en trois étapes. Dans une 4^e étape, les performances d'affaiblissement de symétrie du symétriseur de mesure sont déterminées

a) Étape 1

Les charges coaxiales d'essai attachées à l'analyseur de réseaux sont étalonnées en effectuant des mesures au point de terminaison au symétriseur.

b) 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 comme illustré à la Figure 13. Remarquons que les symétriseurs sont placés de manière à conserver la polarité et ils sont collés (fermement attachés, par exemple fixés) 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 étant $IL_{bal,DM}$.

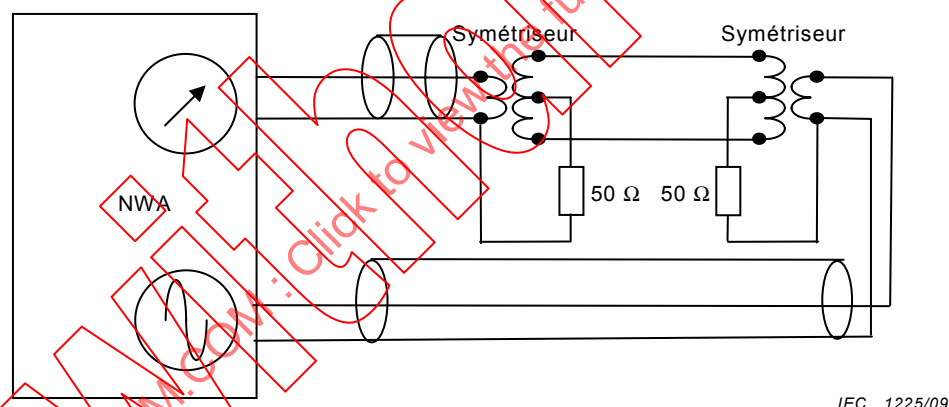


Figure 13 – Mesure de la perte d'insertion en mode différentiel de symétriseurs dos à dos

c) Étape 3

La perte d'insertion des signaux en mode commun du symétriseur d'essai est mesurée comme illustré 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 étant $IL_{bal,CM}$.

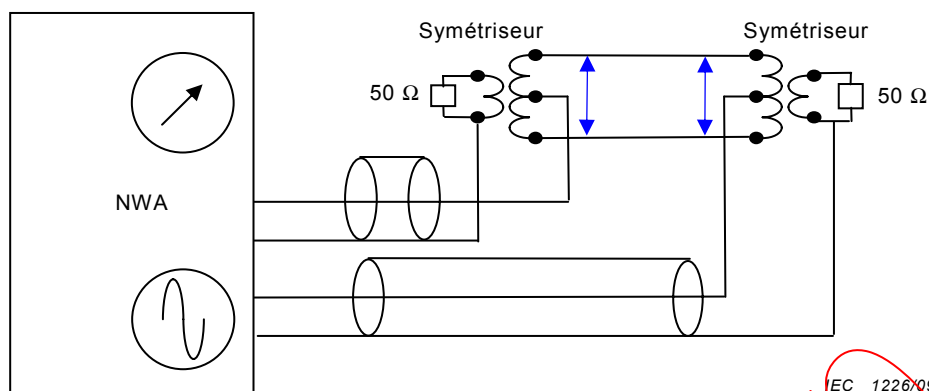
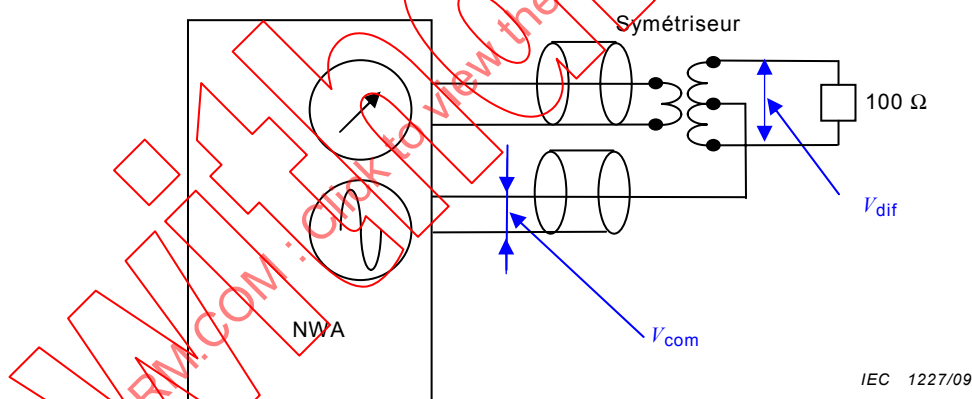


Figure 14 – Mesure de la perte d'insertion en mode commun de symétriseurs dos à dos

d) Étape 4

Une étape d'exécution de la mesure de TCL doit être exécutée sur le symétriseur de mesure tout seul en terminant l'accès différentiel du symétriseur par une résistance « chip » radio fréquence de 100 Ω. Voir la Figure 15. Si l'affaiblissement asymétrique interne est à un maximum de 6 dB de la limite d'acceptation/refus, la performance de mesurage du TCL est inadéquate et on doit utiliser un appareil de mesure de plus haute performance. La méthode de calcul du TCL est montrée en 4.14.4.2.



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

4.14.4.2 Mesure

Chaque paire doit être mesurée à partir de chaque extrémité du CUT. L'extrémité éloignée du câblage doit être terminée par des charges selon 4.2.3, qui sont intégrées dans un connecteur qui s'accouple au connecteur de l'extrémité éloignée du câblage. Les paires aux extrémités éloignées qui ne sont pas en essai doivent être terminées soit par des charges à résistance selon 4.2.3, 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 d'extrémité proche (ou TCL) est calculé par l'Equation (25).

$$TCL = IL_{\text{meas},TCL} - IL_{\text{bal},DM} - IL_{\text{bal},CM} \quad (25)$$

où

TCL est la valeur calculée de l'affaiblissement asymétrique à l'extrémité proche en dB;

$IL_{\text{meas},TCL}$ est la perte mesurée (S_{21}) in dB;

$IL_{\text{bal},DM}$ est la perte d'insertion de symétriseur pour les signaux en mode différentiel en dB;

$IL_{\text{bal},CM}$ est la perte d'insertion de symétriseur pour les signaux en mode commun en dB.

4.14.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

4.14.6 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 2.

Tableau 2 – Incertitude estimée de la mesure asymétrique d'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

4.15 Affaiblissement asymétrique, extrémité éloignée

Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire.

4.15.1 Objectif

Cet essai est destiné à mesurer l'affaiblissement asymétrique, extrémité éloignée du câble équipé. Ce paramètre mesuré est utilisé pour calculer l'affaiblissement de transfert de conversion de niveau égal (ELTCTL) à partir de la valeur mesurée de l'affaiblissement asymétrique, 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.

4.15.2 Méthode d'essai

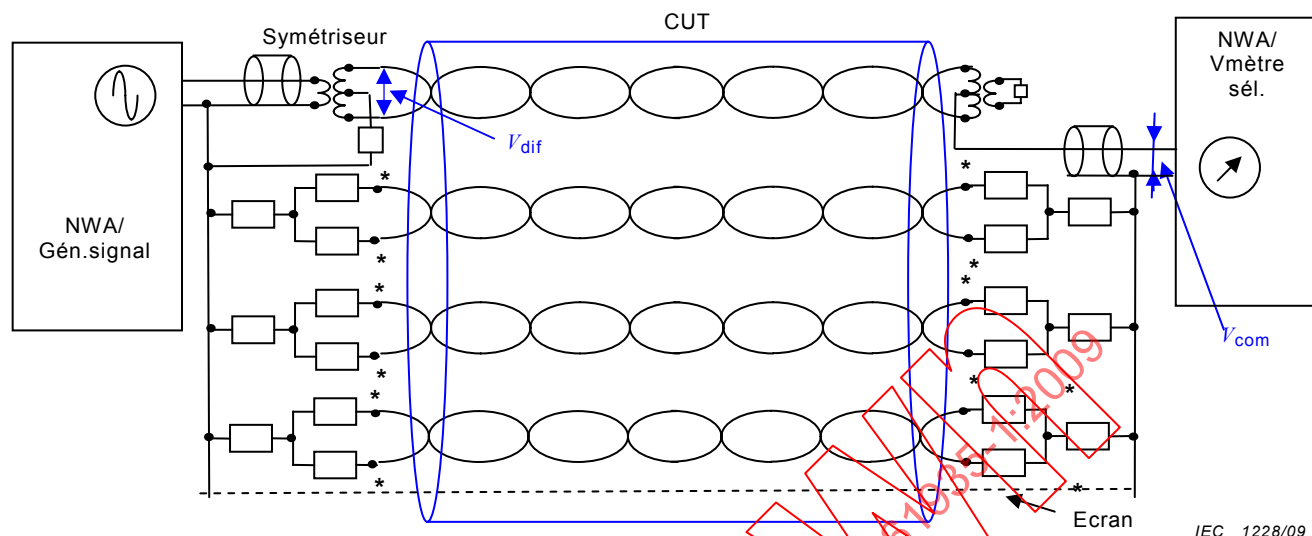
L'affaiblissement asymétrique, extrémité éloignée ou ELTCL est mesuré en calculant le rapport de la puissance en mode différentiel à la puissance en mode commun sur un système de câblage, qui est excité avec la puissance en mode différentiel seulement. Cette valeur est le TCTL. La valeur ELTCTL est obtenue en soustrayant la valeur de la perte d'insertion du CUT de la valeur de TCTL. Le calcul est basé sur le rapport mesuré entre les tensions en mode différentiel et en mode commun.

4.15.3 Matériel et montage d'essai

Si les deux extrémités du CUT sont en étroite proximité, un analyseur de réseaux peut être utilisé pour le mesurage de l'affaiblissement TCTL. Si les extrémités du CUT ne sont pas en étroite proximité, ce qui est courant pour le câble installé, on utilise un générateur de signal et un voltmètre RF sélectif.

La configuration d'essai utilisant des symétriseurs dans le mesurage est décrite dans le détail. Les analyseurs de réseaux à plusieurs accès peuvent fournir des mesures des tensions de nœud qui sont toutes référencées au zéro de référence des mesures. Cela évite l'utilisation de symétriseurs et peut fournir une exactitude plus élevée des mesures d'affaiblissement asymétrique aux hautes fréquences.

Les exigences relatives à l'instrumentation s'appliquent; voir 4.2. La configuration d'essai est illustrée à la Figure 16. Le câblage en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués en 4.2.5.



IEC 1228/09

Légende

CUT	câblage en essai (cabling under test)
NWA/Gén. signal	Analyseur de réseaux avec ensemble d'essai du paramètre S, accès de signaux ou un générateur de signal
NWA/Vmètre sél.	Analyseur de réseaux avec ensemble d'essai du paramètre S, accès de charge ou un voltmètre RF sélectif
*	résistances adaptées (en paires)
Écran	écran (le cas échéant)
Symétriseurs	symétriseurs 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

4.15.4 Procédure

4.15.4.1 Étalonnage

L'étalonnage pour les mesures du TCTL doit suivre la procédure indiquée en 4.14.4.1 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 $IL_{bal,CM2}$.

4.15.4.2 Mesure

Chaque paire doit être mesurée à partir des deux extrémités du câblage. Deux extrémités de la même paire de CUT doivent être reliées aux bornes différentielles des symétriseurs d'essai comme illustré 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 en 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 non symétrique 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 CUT doivent être terminées par des terminaisons à résistance de 100 Ω en mode différentiel et de 50 Ω en mode commun selon 4.2.3. Il doit y avoir une masse commune à chaque extrémité. Si un analyseur de réseaux est utilisé, les masses des deux extrémités du CUT 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 (26).

$$TCTL = IL_{\text{meas}, TCTL} - IL_{\text{bal}, DM1} - IL_{\text{bal}, CM2} \quad (26)$$

où

$TCTL$ est le TCTL calculé 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 perte ELTCTL est calculée par l'Équation (27).

$$ELTCTL = TCTL - IL_{\text{CUT}} \quad (27)$$

où

$ELTCTL$ est la perte ELTCTL calculée, en dB;
 IL_{CUT} est la perte d'insertion mesurée du câblage en essai.

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 portées 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 des symétriseurs (les autres contributions à l'incertitude sont négligées). Voir le Tableau 3.

Tableau 3 – Incertitude estimée de la mesure asymétrique d'extrémité éloignée

Différence entre l'affaiblissement asymétrique mesuré et l'affaiblissement asymétrique du symétriseur	Incetitude estimée
30 dB	0,3 dB
20 dB	0,8 dB
10 dB	2,4 dB
6 dB	3,5 dB

4.16 Affaiblissement de couplage

Les mesures d'affaiblissement de couplage doivent être conduites conformément à l'EN 50289-1-15.

5 Exigences concernant les mesures d'essai sur le terrain pour les propriétés électriques

5.1 Généralités

Cet article s'applique aux spécifications concernant les essais sur le terrain pour les mesures, subséquentes à l'installation, des performances de câblages installés, conçus conformément à l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

Les informations contenues dans cet article utilisent les liens définis dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) et elles spécifient les paramètres pour les appareils de contrôle sur le terrain, ainsi que les méthodes d'essai et les interprétations des résultats d'essais, apportant une solution pratique aux problèmes liés aux essais sur le terrain. Les classes de liens de câble à paires torsadées dont il est fait mention ici correspondent à celles décrites dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

Les appareils pour essais sur le terrain sont classés en niveaux de performance. Actuellement, les niveaux I, II, IIE, III, IIIE et IV sont utilisés dans l'industrie. Cet article spécifie les exigences relatives aux appareils de contrôle utilisés pour vérifier les câblages des classes D, E, E_A, F et F_A comme défini dans l'ISO/CEI 11801.

- Les appareils d'essai de niveau IIE ou supérieur sont nécessaires pour les essais des câblages de la classe D.
- Les appareils d'essai de niveau III ou supérieur sont nécessaires pour les essais des câblages de la classe E.
- Les appareils d'essai de niveau IIIE ou supérieur sont nécessaires pour les essais des câblages de la classe E_A.
- Les appareils d'essai de niveau IV ou supérieur sont nécessaires pour les essais des câblages de la classe F et F_A.

Cet article spécifie en détail les caractéristiques électriques des appareils d'essai sur le terrain et les méthodes d'essai. Les caractéristiques des appareils d'essai sur le terrain requises pour les mesures de fréquence balayées/échelonnées sont décrites afin d'assurer que les mesures sont cohérentes et exactes. D'autres méthodes faisant appel à des techniques de mesure du domaine fréquentiel ou du domaine temporel qui font la preuve de leur équivalence avec les exigences énoncées dans cet article sont acceptables. Les méthodes utilisées pour comparer les résultats consignés par les appareils d'essai sur le terrain et ceux obtenus à l'aide des méthodes de laboratoire sont également décrites.

5.2 Configurations de câblage soumises à essai

Les configurations d'essai de câblage sont décrites en 4.2.5.

5.3 Paramètres des essais sur le terrain

5.3.1 Généralités

La présente norme spécifie les paramètres de mesure des essais sur le terrain suivants avec les exigences correspondantes:

- contrôle de la qualité du travail et essais de connectivité;
- temps de propagation;
- différence des temps de propagation;

- longueur (qui n'est pas un paramètre d'acceptation ou refus selon l'ISO/CEI 11801);
- perte d'insertion;
- perte par paradiaphonie (NEXT);
- paradiaphonie, puissance cumulée;
- rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité proche (ACR-N);
- ACR-N, puissance cumulée (PS ACR-N);
- télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) ou rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité éloignée (ACR-F);
- ELFEXT, puissance cumulée (PS ELFEXT) ou rapport de l'affaiblissement à la diaphonie à l'extrémité éloignée (PS ACR-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).

5.3.2 Contrôle de la qualité du travail et essais de connectivité

5.3.2.1 Contrôle visuel

Le contrôle visuel des câbles installés s'effectue en observant si

- la condition, l'exécution et la finition sont satisfaisantes,
- 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.

5.3.2.2 Table de correspondance des fils

Une table de correspondance des conducteurs est destinée 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 l'écran/les écrans éventuel(s), la table de correspondances des conducteurs indique

- la continuité jusqu'à l'extrémité éloignée,
- les courts-circuits entre deux ou plus de deux conducteurs/écran(s),
- les paires transposées,
- les paires inversées,
- les paires divisées,
- toute autre erreur de connexion.

Une connectivité correcte des sorties/connecteurs de télécommunications est définie dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) et est illustrée à la Figure 17 (pour les câbles à quatre paires).

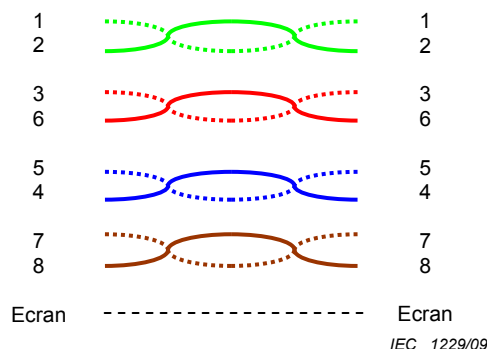


Figure 17 – Formation correcte des paires

Une paire inversée se produit quand la polarité d'une paire est inversée à une extrémité du lien (cela est aussi appelé « inversion pointe/nuque »). Voir la

Figure 18a pour une illustration d'une paire inversée.

Une paire transposée apparaît lorsque les deux conducteurs d'une paire sont connectés à la position d'une paire différente à la connexion éloignée. Voir la

Figure 18b pour une illustration d'une paire transposée.

NOTE Les paires transposées sont parfois désignées sous le terme paires croisées.

Les paires divisées apparaissent lorsque la continuité entre broches est maintenue alors que les paires physiques sont séparées. Voir la

Figure 18c pour une illustration de paires divisées.

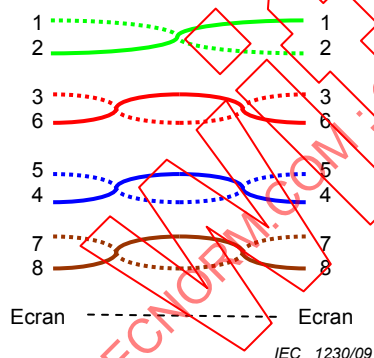


Figure 18a – Paire inversée

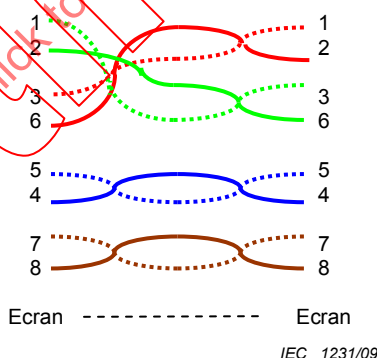


Figure 18b – Paire transposée

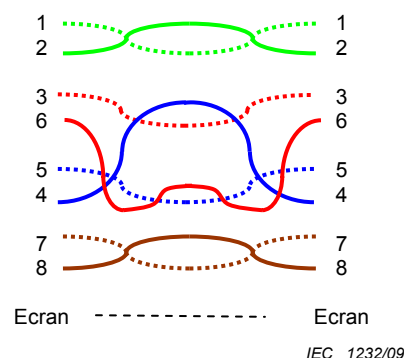


Figure 18c – Paires divisées

Figure 18 – Formation incorrecte des paires

Les essais sur les tables de correspondance doivent indiquer la mention "accepté" si le câblage est reconnu correct.

5.3.3 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 mesures d'angles de phase et dépendent de la fréquence. Pour les essais sur le terrain, le temps de propagation à 10 MHz doit être consigné. L'appareil de contrôle sur le terrain 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/CEI 11801 (ou équivalent). Pour des cordons d'essai de 2 m de long placés à chaque extrémité, ce temps de propagation supplémentaire est de 22 ns à 10 MHz.

5.3.4 Longueur

La longueur ne constitue pas une exigence pour l'acceptation ou refus dans le cadre de l'ISO/CEI 11801.

La longueur physique du canal et du lien est définie comme étant 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.

Les longueurs peuvent aussi être estimées à partir des mesures 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 critique pour la précision des mesures de la longueur lors de l'estimation de cette longueur à partir de méthodes soit du domaine fréquentiel soit du domaine temporel. La vitesse nominale de propagation (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 vitesse nominale de propagation mal réglée est la cause la plus courante de l'inexactitude des mesures de longueurs avec les appareils de contrôle sur le terrain. La vitesse nominale de propagation pour un câble donné dépend de la conception de celui-ci.

La VNP peut varier largement entre les différents modèles de câbles et dépend également de la fréquence; à 1 MHz, la vitesse nominale de propagation peut être jusqu'à 5 % inférieure à la vitesse VNP à 100 MHz.

Il incombe à l'utilisateur de s'assurer que la vitesse nominale de propagation du câble correspond au réglage des appareils de contrôle sur le terrain. Ces derniers doivent permettre la fonction «étalonnage VNP». La vitesse nominale de propagation dans un échantillon de câble se détermine comme suit:

- mesurer physiquement la longueur de l'échantillon de câble en utilisant un échantillon d'au moins 15 m. Une précision plus grande dans la détermination de la vitesse nominale de propagation sera obtenue en utilisant des longueurs plus importantes. Par exemple, si la résolution de la mesure est de 1 m, la meilleure précision de la VNP que l'on puisse attendre pour un câble de 25 m est de 1/25 ou 4 %;
- régler l'appareil de contrôle sur le terrain en mode «étalonnage VNP». Entrer la distance mesurée dans l'appareil. La vitesse nominale de propagation en tant que fraction de la vitesse de la lumière est calculée comme suit, en utilisant les unités de longueur appropriées:

$$VNP = \frac{\text{Longueur physique}}{\text{Temps de propagation mesuré} \times \text{Vitesse de la lumière dans le vide}} \quad (28)$$

où la vitesse de la lumière dans le vide est de 3×10^8 m/s.

Utiliser cette vitesse nominale de propagation pour les mesures de longueur ultérieures sur un câble du même rouleau.

La vitesse nominale de propagation est étalonnée sur la paire ayant la plus grande longueur de torsade. Cette paire est la paire qui présente le retard électrique le plus court. Il peut y avoir un écart allant jusqu'à 5 % dans la vitesse nominale de propagation par paire entre différentes paires dans la même gaine. Cela, avec les rapports de torsade qui varient,

explique pourquoi différentes paires dans la même gaine semblent avoir des longueurs différentes.

Pour une évaluation des longueurs, l'appareil de contrôle sur le terrain doit utiliser la longueur mesurée de la même paire pour laquelle la vitesse nominale de propagation a été étalonnée.

Les longueurs maximales du canal et du lien sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

5.3.5 Perte d'insertion

La perte d'insertion peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/incrémentées. Un signal 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/CEI 11801 (ou équivalent). La perte d'insertion augmente avec la température.

Les mesures doivent être effectuées à la même température pendant tout l'essai afin que l'effet du changement de la température soit négligeable. Voir 4.5.6 pour plus d'informations.

5.3.6 NEXT, puissance cumulée de NEXT

La paradiaphonie peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/incrémentées. 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 perte par puissance cumulée de paradiaphonie est calculée à partir de la perte par paradiaphonie à une certaine paire. Par exemple, la perte par puissance cumulée de paradiaphonie de la paire 1,2 est donnée par:

$$PS_{NEXT\ 12, dB} = -10 \log \left(\frac{\frac{-NEXT_{12-3,6}}{10}}{10} + \frac{\frac{-NEXT_{12-4,5}}{10}}{10} + \frac{\frac{-NEXT_{12-7,8}}{10}}{10} \right) \quad (29)$$

où toutes les quantités de perte par paradiaphonie sont supposées être exprimées en unités positives de décibels.

Les limites d'essais de perte par puissance cumulée de paradiaphonie et de perte par paradiaphonie sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

5.3.7 ACR-N et puissance cumulée de ACR-N

5.3.7.1 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). Les exigences de ACR-N doivent être satisfaites aux deux extrémités du câblage.

L'ACR-N de la paire perturbante i à la paire perturbée k se calcule comme suit:

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (30)$$

où

$ACRN_{i,k}$ est la valeur calculée du rapport ACR-N de la paire perturbante i à la paire perturbée k en dB;
 i est le numéro de la paire perturbante;
 k est le numéro de la paire perturbée;
 $NEXT_{i,k}$ est la perte par paradiaphonie de la paire i à la paire k ;
 IL_k est la perte d'insertion de la paire k .

5.3.7.2 ACR-N, puissance cumulée

Les exigences de PS ACR-N doivent être satisfaites aux deux extrémités du câblage.

Le rapport PS ACR-N de la paire perturbée k se calcule comme suit:

$$PSACRN_{i,k} = PSNEXT_{i,k} - IL_k \quad (31)$$

où

$PSACRN_{i,k}$ est la valeur calculée du rapport PS ACR-N de la paire perturbante i à la paire perturbée k en dB;
 k est le numéro de la paire perturbée;
 $PSNEXT_{i,k}$ est la puissance cumulée de paradiaphonie de la paire k en dB;
 IL_k est la perte d'insertion de la paire k .

5.3.8 ELFEXT, puissance cumulée de ELFEXT, ACR-F, puissance cumulée de ACR-F

ELFEXT et ACR-F (voir 4.10) se calculent à partir des mesures de télédiaphonie (FEXT) (voir 3.7) et de perte d'insertion.

La télédiaphonie peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/incrémentées. 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 lointaine.

Par exemple, la perte par télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) pour une paire perturbée 1,2 par une paire perturbante 3,6 est donnée par:

$$ELFEXT_{12-36} = FEXT_{12-36} - IL_{36} \quad (32)$$

où

$ELFEXT_{12-36}$ est l'ELFEXT entre la paire perturbante 3,6 et la paire perturbée 1,2 en dB;
 $FEXT_{12-36}$ est la FEXT entre la paire perturbante 3,6 et la paire perturbée 1,2 en dB;

IL_{36} est la perte d'insertion de la paire perturbante 36 en dB.

Le rapport ACR-F pour une paire perturbée 1,2 par une paire perturbante 3,6 est donné par:

$$ACRF_{12-36, \text{dB}} = FEXT_{12-36, \text{dB}} - IL_{12, \text{dB}} \quad (33)$$

où

$ACRF_{12-36}$ est l'ACR-F entre la paire perturbante 3,6 et la paire perturbée 1,2 en dB;

IL_{12} est la perte d'insertion de la paire perturbée 1,2 en dB.

La perte par puissance cumulée de télédiaphonie de niveau égal est calculée à partir de la perte par télédiaphonie de niveau égal à une certaine paire. Par exemple, la perte par puissance cumulée de télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) de la paire perturbée 1,2 est donnée par:

$$PSELFEXT_{12} = -10 \log \left(\begin{array}{c} \frac{-ELFEXT_{12-3,6}}{10} + \\ \frac{-ELFEXT_{12-4,5}}{10} + \\ \frac{-ELFEXT_{12-7,8}}{10} \end{array} \right) \quad (34)$$

où

$PSELFEXT_{12}$ est la PS ELFEXT à la paire perturbée 1,2 en dB.

Toutes les quantités de perte par télédiaphonie de niveau égal sont supposées être exprimées en unités positives de décibels.

La puissance cumulée de ACR-F est calculée à partir du rapport ACR-F à une certaine paire. Par exemple, la puissance cumulée de ACR-F de la paire perturbée 1,2 est donné par:

$$PSACRF_{12} = -10 \log \left(\begin{array}{c} \frac{-ACRF_{12-3,6}}{10} + \\ \frac{-ACRF_{12-4,5}}{10} + \\ \frac{-ACRF_{12-7,8}}{10} \end{array} \right) \quad (35)$$

où

$PSACRF_{12}$ est la valeur calculée de PS ACR-F à la paire perturbée 1,2 en dB.

Toutes les quantités ACR-F sont supposées être exprimées en unités positives de décibels.

Les limites d'essais de ACR-F et puissance cumulée de ACR-F sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent). Les limites de ELFEXT et de PS ELFEXT sont supposées être respectivement identiques à celles de ACR-F et de PS ACR-F.

5.3.9 Affaiblissement de réflexion

L'affaiblissement de réflexion (voir 3.16) 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/CEI 11801 (ou équivalent).

5.3.10 Résistance en boucle en courant continu

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 en boucle en courant continu (c.c.) sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

5.4 Puissance cumulée de diaphonie exogène

5.4.1 Objectif

Cet article décrit les procédures de mesure sur le terrain pour

- ANEXT
- AFEXT

et les calculs pour

- PS ANEXT
- PS AFEXT
- PS AACR-F.

En outre, il est spécifié une procédure pour le choix des accès à mesurer.

Noter que le nombre de liens perturbants à inclure dans un résultat de puissance cumulée de diaphonie exogène est souvent considérablement plus élevé qu'il ne l'est dans des conditions de référence des essais en laboratoire. Par conséquent, des étapes de calcul supplémentaires sont utilisées pour les données de diaphonie exogène de terrain afin de prévenir l'accumulation de puissance de bruit.

Les mesures de diaphonie exogène sur le terrain ne peuvent pratiquement se faire que par échantillonnage. Il est donc nécessaire de mener une investigation préalable et une conclusion initiale sur les positions d'accès les plus défavorables afin de pouvoir identifier la performance limitante de l'installation en termes de diaphonie exogène. Il convient que les mesures de diaphonie exogène sur le terrain comportent une marge additionnelle à la limite reflétant que le choix des liens d'essai peut ne pas être le cas le plus défavorable absolu. La procédure de choix d'un accès et les exigences d'essai spécifiées dans le présent article doivent être suivies pour effectuer des mesures de diaphonie exogène sur le terrain. Les mesures de diaphonie exogène interactives et les opérations d'atténuation représentent souvent la meilleure façon d'assurer la conformité de l'installation aux exigences de diaphonie exogène.

5.4.2 Méthode d'essai

Les PS ANEXT, PS AFEXT et PS AACR-F se calculent à partir des mesures de ANEXT, AFEXT et de pertes d'insertion.

5.4.3 Matériel et montage d'essai

En fonction de la configuration d'essai, l'interface d'essai doit consister en un canal ou un adaptateur de lien avec le plan de référence de mesure placé à l'emplacement défini pour la configuration d'essai.

Avant la réalisation des mesures de diaphonie exogène, tous les liens impliqués dans les essais de diaphonie exogène doivent être soumis à essai pour vérifier leur performance de paramètre de transmission interne applicable.

Dans le d'essais de la configuration du canal, tous les cordons d'utilisateur doivent être maintenus autant que possible dans leur position d'utilisation normale au cours des essais.

5.4.4 Mesurage des pertes par paradiaphonie exogène (ANEXT)

Pour mesurer les pertes par ANEXT, il faut que l'instrument d'essai A soit relié au canal perturbé et que l'instrument d'essai B soit relié à un canal perturbant. Voir la Figure 19. L'instrument d'essai A fonctionne comme récepteur et l'instrument d'essai B fonctionne comme une source de signal."

L'instrument d'essai A et l'instrument d'essai B communiquent comme montré par la ligne pointillée étiquetée « synchronisation ». Une liaison de commande physique d'appareil de contrôle sur le terrain est facultative dans la présente norme. D'autres mises en œuvre de ce mesurage sont acceptables si leur équivalence est démontrée. Si une topologie de lien est soumise à essai, les adaptateurs de canal sont remplacés par des adaptateurs de lien.

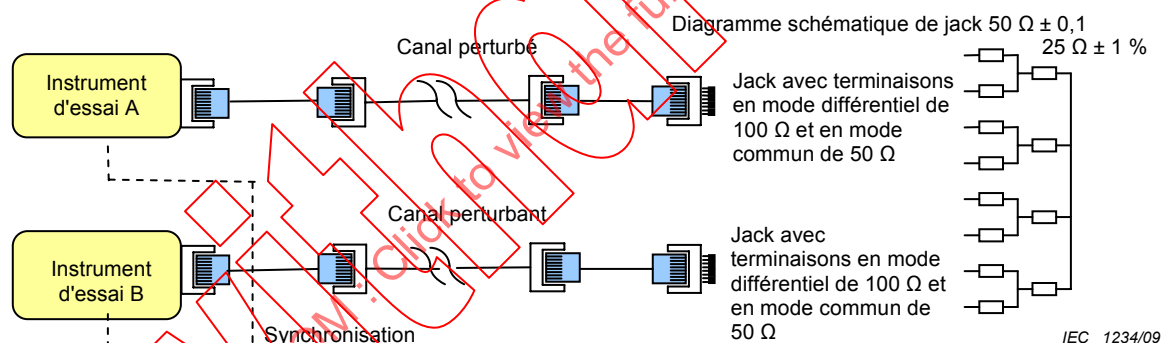


Figure 19 – Diagramme schématique pour la mesure de la perte par paradiaphonie exogène (ANEXT) d'un canal

Les extrémités distantes du canal perturbé et d'un canal perturbant sont terminées par des jacks comportant une terminaison en mode différentiel de 100 Ω et en mode commun de 50 Ω comme illustré à la Figure 19. Les cordons utilisateur doivent rester autant que possible dans leur position d'utilisation normale au cours de l'essai. L'extrémité distante peut être terminée par une fiche terminée au lieu d'un cordon utilisateur et un jack de terminaison si la contribution en ANEXT du cordon utilisateur d'extrémité distante est censée être réduite à des niveaux insignifiants en raison de la perte d'insertion aller-retour du câblage à l'extrémité distante.

5.4.5 Mesurage des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT)

Pour mesurer les pertes par AFEXT, il faut que l'instrument d'essai A soit relié au canal perturbé et que l'instrument d'essai B soit relié à un canal perturbant. Voir la Figure 20. L'instrument d'essai A fonctionne comme récepteur et l'instrument d'essai B fonctionne comme une source de signal.

L'instrument d'essai A et l'instrument d'essai B communiquent comme montré par la ligne pointillée étiquetée "synchronisation". Un lien de commande physique d'appareil de contrôle sur le terrain est facultatif dans la présente norme. En cas de présence d'une liaison de commande physique, il est souvent possible de se servir d'un canal non utilisé dans le même faisceau de câbles pour relier l'accès de commande sur l'instrument d'essai A à l'extrémité proche à l'accès de commande de l'instrument d'essai B à l'extrémité distante. D'autres mises en œuvre de cette mesure sont acceptables si leur équivalence est démontrée. Si une topologie du lien est soumise à essai, les adaptateurs de canal sont remplacés par des adaptateurs de lien. En cas d'utilisation d'un équipement de laboratoire, les accès source et charge se trouvent dans le même emplacement et aucune liaison de synchronisation n'est présente. Cependant, dans ce cas, la mesure ne peut être effectuée que sur le câblage qui part et se termine à proximité immédiate.

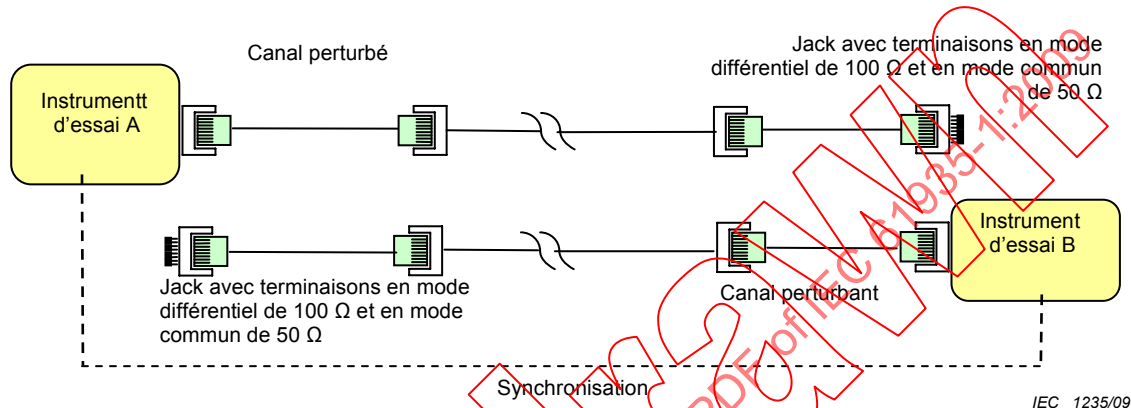


Figure 20 – Configuration d'essai pour la mesure des pertes par télédiaphonie exogène (AFEXT)

Les cordons utilisateur doivent rester autant que possible dans leur position d'utilisation normale au cours de l'essai. Les extrémités distantes du canal perturbé et l'extrémité locale d'un canal perturbant peuvent être terminées par des fiches comportant une terminaison en mode différentiel de 100 Ω et en mode commun de 50 Ω comme illustré à la Figure 20 s'il est démontré que la contribution en AFEXT des cordons utilisateur est négligeable par rapport aux autres contributions en AFEXT dans le canal.

5.4.6 Procédure

5.4.6.1 Étalonnage

Le matériel d'essai doit être étalonné au plan de référence de mesure pour le canal ou le lien.

5.4.7 Calcul de PS ANEXT et de ACR-F à partir des données mesurées

Le traitement des données mesurées de ANEXT ou de AFEXT suit les étapes ci-après.

5.4.7.1 Essai de condition de signification

La distinction entre un signal « ANEXT ou AFEXT réelle » et un signal aléatoire doit être basée sur la moyenne des valeurs mesurées exprimées en dB entre 100 MHz et 250 MHz. Si la valeur moyenne de la réponse en fréquence dépasse la condition significative, l'ensemble de la réponse ANEXT ou AFEXT est exclue du calcul des puissances cumulées. Si la condition mesurée est inférieure à la condition significative, l'ensemble de la réponse ANEXT ou AFEXT est incluse dans le calcul de la puissance cumulée. La condition significative doit être de 90 dB au minimum.

5.4.7.2 Normalisation de la longueur

Pour venir à l'appui des méthodes d'essai de laboratoire telles que décrites à l'Annexe B, les longueurs du canal perturbé et du canal perturbant peuvent être identiques. Dans ce cas, la normalisation de longueur sera zéro.

Lorsqu'elle est utilisée, la normalisation de longueur est basée sur la différence de pertes d'insertion des paires perturbante et perturbée et elle est spécifiée dans l'ISO/CEI 11801. Voir 5.4.7.3 pour une description détaillée du calcul.

NOTE Les normes d'applications peuvent spécifier des algorithmes de réduction de puissance qui sont basés sur les pertes d'insertion à 250 MHz des paires perturbée et perturbante. Les essais peuvent affecter les résultats de PS ANEXT et de PS AACR-F. Pour les exigences spécifiques, se référer à ces normes d'applications.

5.4.7.3 Calcul des résultats de PS ANEXT ou de PS AFEXT entre un lien perturbé et des liens perturbants

Chaque mesure de lien ou canal perturbé à perturbant, PS ANEXT ou PS AFEXT, contient 16 mesures de pertes par ANEXT ou par AFEXT pour chaque paire dans le canal ou le lien perturbé par les paires dans le lien perturbant n°1. La perte par PS ANEXT se calcule par l'Équation (36).

$$PSANEXT_{X,1} = -10 \log \left(\begin{matrix} 10^{-0,1ANEXT_{X,1,1}} + \\ 10^{-0,1ANEXT_{X,2,1}} + \\ 10^{-0,1ANEXT_{X,3,1}} + \\ 10^{-0,1ANEXT_{X,4,1}} \end{matrix} \right) \quad (36)$$

où

X est une paire dans le canal ou le lien perturbé;

$PSANEXT_{X,1}$ est la perte par PS ANEXT du premier canal ou lien perturbant à la paire X du lien perturbé;

$ANEXT_{X,Y,1}$ est la perte par ANEXT de la paire X dans le canal ou le lien perturbé à la paire Y du canal ou du lien perturbant n°1.

Lorsque la perte par paradiaphonie exogène d'un autre lien perturbant n°2 est ajoutée, la somme totale de PS ANEXT se calcule par

$$PSANEXT_{X,total} = -10 \log \left(10^{-0,1PSANEXT_{X,1}} + 10^{-0,1PSANEXT_{X,2}} \right) \quad (37)$$

Pour la perte par PS AFEXT, les mesures de télédiaphonie exogène AFEXT avec une normalisation appliquée sont utilisées avant de calculer les puissances cumulées.

Si la perte d'insertion de la paire X du lien perturbé est supérieure à la perte d'insertion de la paire Y du lien perturbant n°1.

$$NORM_{X,Y,1} = IL_X - IL_{Y,1} - 10 \log \left(\frac{IL_X}{IL_{Y,1}} \right) \quad (38)$$

autrement

$$NORM_{X,Y,1} = 0 \quad (39)$$

où

IL_X est la perte d'insertion en dB de la paire perturbée X ;

$IL_{Y,1}$ est la perte d'insertion en dB de la paire Y du lien perturbant n°1.

NOTE 1 Pour déterminer l'utilisation de l'Équation (41) ou (42), la moyenne de toutes les paires du lien perturbé à 250 MHz et la moyenne de toutes les paires du lien perturbant à 250 MHz peuvent être utilisées.

NOTE 2 Pour la détermination de la normalisation, la moyenne de toutes les paires du lien perturbé peut être utilisée pour IL_X et la moyenne de toutes les paires du lien perturbant peut être utilisée pour $IL_{Y,1}$. La différence de IL_X et $IL_{Y,1}$ dépend de la fréquence.

NOTE 3 Pour la partie rapport seulement de l'Équation (41), pour IL_X et $IL_{Y,1}$, les valeurs à 250 MHz peuvent être utilisées, car ce rapport ne varie pas significativement en fonction de la fréquence.

NOTE 4 La normalisation globale, si elle est utilisée, dépend de la fréquence et diffère pour chaque combinaison du lien perturbé et perturbant.

NOTE 5 Pour les câblages écrantés répondant aux exigences d'affaiblissement de couplage indiquées dans l'ISO/CEI 11801, le résultat de l'Équation (42) est utilisé dans tous les cas.

La valeur normalisée de l'AFEXT est donnée par

$$AFEXT_{norm\ X,Y,1} = AFEXT_{X,Y,1} + NORM_{X,Y,1} \quad (40)$$

La perte par PS AFEXT en dB se calcule par l'Équation (41).

$$PSAFEXT_{X,1} = -10 \log \left(\begin{matrix} 10^{-0,1AFEXT_{norm\ X,1,1}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm\ X,2,1}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm\ X,3,1}} + \\ 10^{-0,1AFEXT_{norm\ X,4,1}} \end{matrix} \right) \quad (41)$$

où

X est une paire dans le canal ou le lien perturbé;

$PSAFEXT_{X,1}$ est la perte par PS AFEXT en dB du premier canal ou lien perturbant à la paire X du lien perturbé;

$AFEXT_{norm\ X,Y,1}$ est la perte par AFEXT en dB de la paire X dans le canal ou le lien perturbé à la paire Y du canal ou du lien perturbant n°1, normalisé sur la base de la perte d'insertion des paires perturbée et perturbante.

Lorsque la perte par PS AFEXT d'un autre lien perturbant n°2 est ajoutée, la somme totale de PS AFEXT en dB se calcule par l'Équation (42).

$$PSAFEXT_{X,total} = -10 \log \left(10^{-0,1PSAFEXT_{X,1}} + 10^{-0,1PSAFEXT_{X,2}} \right) \quad (42)$$

Pour obtenir le résultat de PS AACR-F en dB, la perte d'insertion de la paire du canal ou du lien perturbé est soustraite du résultat de perte par PS AFEXT comme montré dans l'Équation (43).

$$PSAACR - F_{X,total} = PSAFEXT_{X,total} - IL_X \quad (43)$$

5.4.7.4 Application de la correction pour le seuil de mesure

La réponse en fréquence pour un grand nombre de mesures de seuil de la puissance cumulée de diaphonie exogène (Nps) peut être utilisée pour corriger les résultats mesurés de PS ANEXT et PS AFEXT. Se référer à 6.8 pour des informations sur la façon de mesurer le seuil de diaphonie exogène. Si le nombre de mesures de diaphonie exogène dans un résultat de puissance cumulée de diaphonie exogène est Npp et le nombre de mesures de diaphonie exogène dans les mesures de seuil de diaphonie exogène de PS est 4·Nps, alors la contribution du seuil de mesure estimée à la diaphonie exogène de PS globale est de $10 \cdot \log(4 \cdot Nps / Npp)$. La contribution du seuil de mesure au résultat de la diaphonie exogène de PS globale est donnée par l'Équation (44).

$$PSAXtalk_{\text{floor}, Npp}(f) = PSAXtalk_{\text{floor}, 4Nps}(f) + 10 \log \left(\frac{4Nps}{Npp} \right) \quad (44)$$

La diaphonie exogène de PS corrigée se calcule par l'Équation (45).

$$PSAXtalk_{\text{final}}(f) = -10 \log \left(10^{-0,1PSAXtalk_{\text{floor}, Npp}(f)} - 10^{-0,1PSAXtalk_{\text{floor}, 4Nps}(f)} \right) \quad (45)$$

Les résultats corrigés de diaphonie exogène de PS doivent être utilisés pour le contrôle par des essais par rapport aux limites d'acceptation ou refus.

5.4.8 Choix des accès d'essai

Au minimum, la procédure suivante de choix des accès doit être appliquée.

5.4.8.1 Choix des liens perturbés

Le nombre de liens perturbés à soumettre à essai pour la conformité à l'ISO/CEI 11801 doit être spécifié dans un plan qualité tel que décrit dans l'ISO/CEI/TR 14763-2.

Les liens perturbés doivent être approximativement divisés de manière égale entre:

- liens dans le groupe ayant la perte d'insertion la plus élevée dans l'installation;
- liens dans le groupe ayant la perte d'insertion la plus faible dans l'installation;
- liens dans le groupe ayant la perte d'insertion médiane dans l'installation.

5.4.8.2 Choix des liens perturbants

Les liens perturbants doivent inclure les deux types suivants:

- la totalité des liens qui sont dans le même faisceau de câbles ou ceux qui sont positionnées de la manière la plus cohérente par rapport au lien perturbé comme liens perturbants;
- celles qui occupent des positions adjacentes à gauche, à droite, au-dessus et en dessous des connexions sur le lien perturbé sur des tableaux de raccordement ou des sorties multiples.

5.4.8.3 Procédure

Un logigramme de la procédure d'essai de diaphonie exogène est montré à la Figure 21.

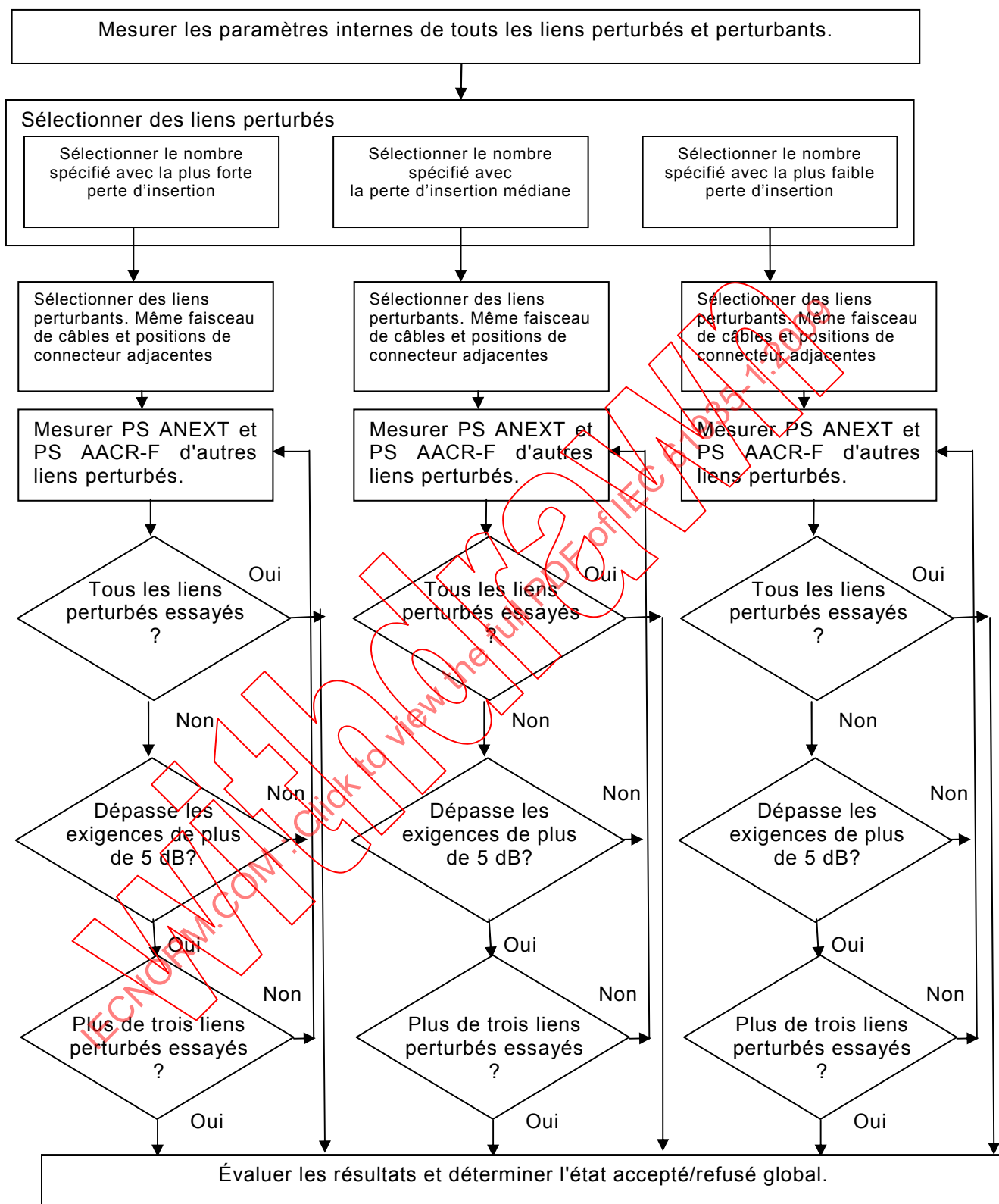


Figure 21 – Logigramme de la procédure d'essai de diaphonie exogène

Mesurer l'ANEXT et l'AFEXT comme décrit de 5.4.2 à 5.4.6 et traiter les données comme indiqué en 5.4.7 pour les liens ayant la perte d'insertion la plus élevée. Lorsque la marge de PS ANEXT et de PS AACR-F a atteint 5 dB pour les liens ayant la perte d'insertion la plus élevée, il est possible d'interrompre les essais de diaphonie exogène pour les liens ayant la perte d'insertion la plus élevée lorsque le nombre de liens perturbés mesurés est de 3 au moins.

Mesurer l'ANEXT et l'AFEXT comme décrit de 5.4.2 à 5.4.6 et traiter les données comme indiqué en 5.4.7 pour les liens ayant la perte d'insertion la plus faible. Lorsque la marge de PS ANEXT et de PS AACR-F a atteint 5 dB pour les liens ayant la perte d'insertion la plus faible, il est possible d'interrompre les essais de diaphonie exogène pour les liens ayant la perte d'insertion la plus faible lorsque le nombre de liens perturbés mesurés est de 3 au moins.

Mesurer l'ANEXT et l'AFEXT comme décrit de 5.4.2 à 5.4.6 et traiter les données comme indiqué en 5.4.7 pour les liens ayant la perte d'insertion médiane. Lorsque la marge de PS ANEXT et de PS AACR-F a atteint 5 dB pour les liens ayant la perte d'insertion médiane, il est possible d'interrompre les essais de diaphonie exogène pour les liens ayant la perte d'insertion médiane lorsque le nombre de liens perturbés mesurés est de 3 au moins.

NOTE Si les câbles sont de différents types et/ou des matériels de connexion différents sont présents dans l'installation, il convient de répéter ce processus de choix et la procédure de mesure qui impliquent ces types de câbles et de matériels de connexion.

Tout essai de diaphonie exogène en plus du minimum spécifié ci-dessus contribuera à accroître la confiance accordée au résultat de diaphonie exogène de cas le plus défavorable. La valeur de diaphonie exogène du cas le plus défavorable de tous les liens perturbés choisis mesurés est consignée comme étant la diaphonie exogène de l'installation.

5.4.9 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats obtenus de toutes les paires de tous les canaux perturbés mesurés doivent être consignés.

5.4.10 Incertitude des mesures de puissance cumulée de diaphonie exogène (PS)

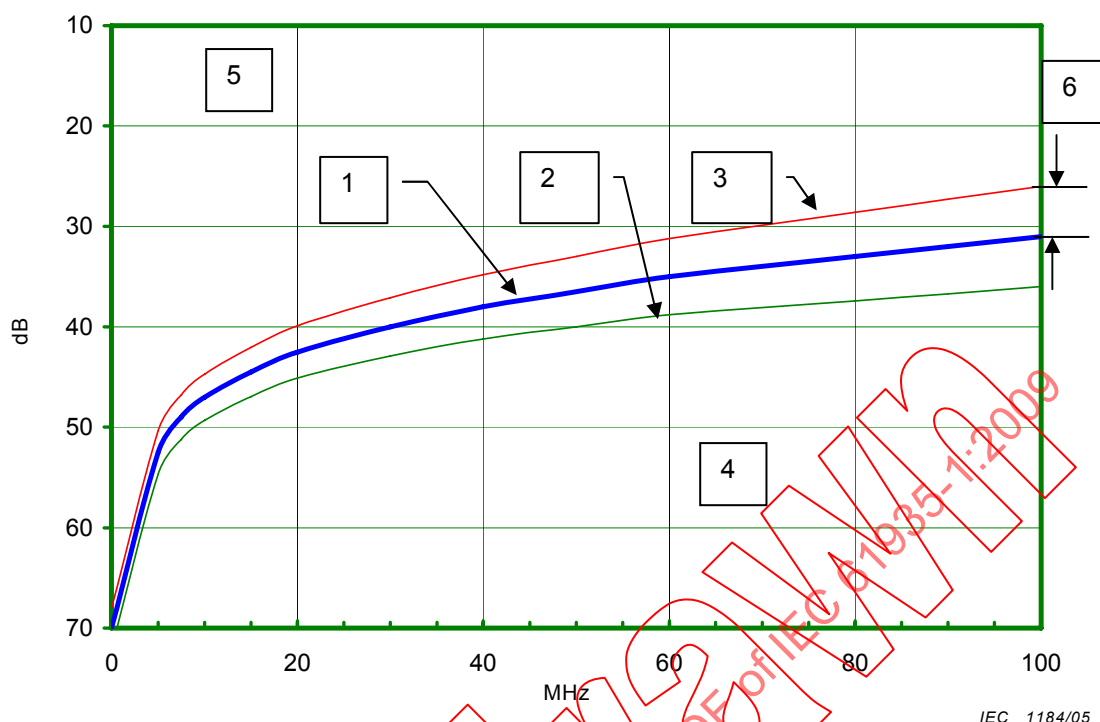
L'équation d'erreur qui s'applique à la PS NEXT s'applique aussi à la PS ANEXT et à la PS AFEXT, sauf que le seuil de bruit aléatoire se dégrade de 3 dB chaque fois que double le nombre des résultats de ANEXT qui sont contenus dans un résultat de PS ANEXT.

5.5 Compte rendu et précision

5.5.1 Généralités

Un résultat accepté ou refusé pour chaque paramètre doit être déterminé par les limites permises pour ce paramètre. Le résultat des essais d'un paramètre doit être marqué par un astérisque (*) lorsque le résultat est trop proche des limites de l'essai compte tenu de la précision de la mesure (voir la Figure 22). Voir aussi l'Article 6 pour les informations détaillées concernant les exigences de précision de mesure.

L'Annexe A contient des considérations complémentaires de la variabilité qui peut apparaître au cours des mesures d'essai sur le terrain.



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 de refus conditionnel)
- 6 précision de mesure

Figure 22 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT)

NOTE La Figure 22 donne un exemple d'une zone de tolérance des matériels autour d'une limite d'acceptation/de refus d'essai pour la paradiaphonie. Les lignes verte et rouge au-dessus et au-dessous des limites d'essai sont décalées par rapport à la limite d'essai par la valeur en décibels égale à la précision de mesure. Si la mesure tombe dans la zone au-dessus de la limite mais en dessous de la ligne rouge, elle est marquée REFUSÉ*. Si la mesure tombe dans la zone au-dessous de la limite d'essai mais au-dessus de la ligne verte, elle est marquée ACCEPTÉ*.

Le fabricant de l'appareil de contrôle sur le terrain 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 requis. 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*.

Toute mesure consignée par les matériels d'essai doit avoir une précision spécifiée. Pour les exigences concernant la précision, voir l'Article 6. L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner les données à tous les points mesurés, charger les données dans un PC, comme décrit en 5.5.2 et fournir des rapports de synthèse, comme décrit en **Error!**
Reference source not found..

5.5.2 Résultats détaillés

L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner toutes les informations relatives à la connectivité, ainsi que les valeurs mesurées de chaque paramètre à chaque point de mesure de fréquence.

En outre, les résultats détaillés doivent comprendre un résultat ACCEPTÉ/REFUSÉ pour chacun des éléments suivants, le cas échéant, pour le niveau de performance choisi:

- table de correspondance, y compris connexion de l'écran, le cas échéant;
- perte d'insertion;
- NEXT, mesurée depuis l'extrémité locale;
- NEXT, mesurée depuis l'extrémité distante;
- perte par paradiaphonie, puissance cumulée, à l'extrémité locale;
- perte par paradiaphonie, puissance cumulée, à l'extrémité éloignée;
- ACR-N, à l'extrémité locale;
- ACR-N, à l'extrémité distante;
- perte par paradiaphonie (ACR-N), puissance cumulée, à l'extrémité locale;
- perte par paradiaphonie (ACR-N), puissance cumulée, à l'extrémité distante;
- ELFEXT ou ACR-F à l'extrémité locale;
- ELFEXT ou ACR-F, puissance cumulée 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 en boucle en courant continu;
- PS ANEXT;
- PS AACR-F.

5.5.3 Rapports de synthèse

Des informations détaillées peuvent être nécessaires dans certaines circonstances; cependant, en général, une synthèse sur la performance est suffisante. L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner l'information sommaire minimale, comme le montrent le Tableau 4 et le Tableau 5.

**Tableau 4 – Résumé des exigences concernant les rapports
pour les appareils de contrôle sur le terrain**

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)	Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)
Table de correspondance des fils	Toute connectivité, y compris les écrantages (éventuels) ACCEPTÉ/ REFUSÉ	
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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ	
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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ 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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ	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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ 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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ

Tableau 4 (suite)

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)	Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)
Puissance cumulée de NEXT	Perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la puissance cumulée de NEXT la plus défavorable ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie (NEXT) la plus défavorable ACCEPTÉ/ REFUSÉ	Perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la puissance cumulée de NEXT la plus défavorable ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable (1 sur 4 possibles) Limite d'essai à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Fréquence à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie la plus défavorable Paire à la marge de perte par puissance cumulée de paradiaphonie (NEXT) la plus défavorable ACCEPTÉ/ REFUSÉ
ACR-N	ACR-N le plus défavorable (1 de 6) Limite d'essai à l'ACR-N le plus défavorable NOTE 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) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ	ACR-N le plus défavorable (1 de 6) Limite d'essai à l'ACR-N le plus défavorable NOTE 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) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ

Tableau 4 (suite)

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)	Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)
Puissance cumulée de ACR-N	Puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (1 de 4) NOTE 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 de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Fréquence de puissance cumulée de l'ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ	Puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (1 de 4) NOTE 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 de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Fréquence de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable Combinaison de paires à la marge de puissance cumulée de ACR-N la plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ
Perte par télédiaphonie de niveau égal ou ACR-F	ELFEXT (Perte par télédiaphonie de niveau égal) ou ACR-F le plus défavorable (1 de 24 possibles) Limite d'essai à l'ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Fréquence à l'ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Combinaison de paires à l'ELFEXT/ACR-F le plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Limite d'essai à la marge de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Fréquence à la marge de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Combinaison de paires à la marge de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ	

Tableau 4 (fin)

Fonction	Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)	Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)
Puissance cumulée de perte par télédiaphonie de niveau égal ou puissance cumulée de l'ACR-F	Puissance cumulée de ELFEXT (perte par télédiaphonie de niveau égal) ou de ACR-F les plus défavorables (1 de 8 possibles) Limite d'essai de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Fréquence de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Paires aux puissances cumulées les plus défavorables ELFEXT/ACR-F (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ Marge de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable (1 sur 8 possibles) Limite d'essai à la marge de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Fréquence à la marge de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable Paire à la marge de puissance cumulée de ELFEXT/ACR-F le plus défavorable (perturbante, perturbée) ACCEPTÉ/ REFUSÉ	
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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ	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 ACCEPTÉ/ REFUSÉ
Temps de propagation	Temps de propagation le plus défavorable (1 de 4 possibles) Limite d'essai au temps de propagation le plus défavorable ACCEPTÉ/ REFUSÉ	
Différence des temps de propagation	Différence des temps de propagation la plus défavorable (1 de 1 possible) Limite d'essai de la différence des temps de propagation ACCEPTÉ/ REFUSÉ	
Résistance de boucle en courant continu	Résistance en boucle en courant continu la plus défavorable (1 de 4 possibles) Limite d'essai de résistance en boucle en courant continu ACCEPTÉ/ REFUSÉ	

5.5.4 Exigences concernant les rapports pour la puissance cumulée de diaphonie exogène

Tableau 5 – Exigence minimale concernant les rapports pour la PS ANEXT et la PS AACR-F

Paramètre	Exigence concernant les rapports
Information concernant les liens	Énumération de tous les liens perturbés qui ont été soumis à essai
	Le sens dans lequel le lien perturbé a été soumis à essai
	Énumération de tous les liens perturbants qui est contenue dans un résultat de puissance cumulée de PS ANEXT et/ou PS AACR-F
Marge de PS ANEXT	La marge du cas le plus défavorable pour la PS ANEXT sur la gamme de fréquences applicables pour chaque lien perturbé soumis à essai
Grandeur de la marge de PS ANEXT	Grandeur de la PS ANEXT à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Fréquence de la marge de PS ANEXT	Fréquence de la PS ANEXT à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Limite de la marge de PS ANEXT	Limite de la PS ANEXT à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Résultat de PS ANEXT	Résultat ACCEPTÉ/ REFUSÉ de PS ANEXT pour chaque lien perturbé soumis à essai
Marge de PS AACR-F	La marge du cas le plus défavorable pour la PS AACR-F sur la gamme de fréquences applicables pour chaque lien perturbé soumis à essai
Grandeur de la marge de PS AACR-F	Grandeur de la PS AACR-F à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Fréquence de la marge de PS AACR-F	Fréquence de la PS AACR-F à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Limite de la marge de PS AACR-F	Limite de la PS AACR-F à laquelle la marge du cas le plus défavorable sur la gamme de fréquences applicables se produit pour chaque lien perturbé soumis à essai
Résultat de PS AACR-F	Résultat ACCEPTÉ/ REFUSÉ de PS AACR-F pour chaque lien perturbé soumis à essai

5.5.5 Généralités

Tous les paramètres appropriés spécifiés dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) doivent être soumis aux essais.

5.5.6 Vérification de la cohérence pour les appareils de contrôle sur le terrain

Le fabricant de l'appareil de contrôle sur le terrain doit mettre à la disposition de l'utilisateur une procédure simple permettant de vérifier, de consigner et d'enregistrer la cohérence de l'essai effectué sur le terrain. Les procédures suivantes doivent être suivies, sauf indication contraire dans une spécification correspondante.

5.5.6.1 Répétabilité des essais sur un lien de référence

Le propriétaire de l'appareil de contrôle sur le terrain doit construire un lien de référence. Des mesures répétées sur ce lien doivent donner les mêmes résultats dans les limites de l'amplitude des spécifications concernant la précision. Des comparaisons doivent être faites pour les résultats les plus défavorables sur la bande de fréquences.

5.5.6.2 Répétabilité des essais par des essais sur le même lien dans des sens opposés

Tout lien peut être mesuré d'abord en connectant l'appareil principal de contrôle sur le terrain à une extrémité du câblage et l'appareil à distance de contrôle sur le terrain à l'autre

extrémité du câblage. Après avoir effectué un essai, les emplacements de l'appareil de contrôle principal et de l'appareil à distance sont interchangeables.

5.5.7 Évaluation des essais de cohérence

Toutes les amplitudes les plus défavorables doivent rester les mêmes dans les limites du double de la spécification concernant la précision du paramètre d'essai, sauf pour les mesures de perte par paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion. Pour la perte par paradiaphonie et l'affaiblissement de réflexion, les résultats de perte par paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion obtenus sur place pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de perte par paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion à distance obtenus pendant le deuxième essai. De même, les résultats de perte par paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion à distance obtenus pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de perte par paradiaphonie et d'affaiblissement de réflexion sur place obtenus pendant le deuxième essai.

5.5.8 Applicabilité du système d'administration

En plus des indications ACCEPTÉ/ REFUSÉ, les valeurs mesurées du paramètre en essai doivent être enregistrées dans le système d'administration (voir l'ISO/CEI 14763-1). Toute nouvelle configuration des composants de câblage après les essais peut changer la performance et donc invalider les résultats des essais précédents. Ce câblage doit subir de nouveaux essais pour confirmer sa conformité.

5.5.9 Cordons d'adaptateur des matériels de contrôle pour les essais de liens

Les cordons d'adaptateurs utilisés pour relier l'appareil de contrôle sur le terrain au lien en cours d'examen doivent être tels que spécifiés par le fabricant des matériels d'essai comme convenant pour les mesures 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 5.5.6).

La périodicité minimale recommandée est de 100 insertions.

5.5.10 Essais des cordons d'utilisateur et des canaux

Les cordons d'utilisateur sont les cordons des matériels, les cordons ou les jarretières qui sont inclus comme composants du canal. Les cordons d'utilisateur doivent être testés 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, le cordon d'utilisateur peut être approuvé pour être utilisé dans ce canal uniquement. Le cordon doit rester en place et son orientation ne doit pas être inversée.

6 Exigences concernant la précision des mesures des appareils de contrôle sur le terrain

6.1 Généralités

La précision est la différence entre la valeur mesurée consignée par l'appareil de contrôle sur le terrain et la valeur réelle. La précision dépend des caractéristiques de l'appareil de contrôle sur le terrain ainsi que des caractéristiques de transmission du câblage.

Des niveaux minimaux de performance ont été identifiés pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE, III, IIIE et IV. Chaque niveau de précision a son propre ensemble d'exigences de performance qui sont décrites dans le présent article.

Des modèles d'erreur pour chacune des mesures donnent des estimations pour la précision des mesures de chaque paramètre qui doit être mesuré. Les modèles d'erreur utilisent les paramètres de performance les plus importants qui sont censés avoir une influence sur la

précision des mesures. Cependant, il peut y avoir des sources supplémentaires d'erreur de mesure qui ne sont pas reflétées dans ce modèle d'erreur et qui dépendent de l'intégration du circuit de mesure dans l'appareil de contrôle sur le terrain. En outre, il y a de nombreuses hypothèses qui ne peuvent pas toujours être réalisées.

Outre les exigences de performance pour les propriétés des appareils de contrôle sur le terrain, des méthodes de comparaison des résultats obtenus par ces appareils avec ceux obtenus par les méthodes de laboratoire sont spécifiées. Les méthodes de laboratoire sont décrites en 6.11. L'écart entre les deux résultats ne doit pas être supérieur à la somme totale de la précision estimée des mesures de l'appareil de contrôle sur le terrain et de la précision estimée des mesures du système de mesure du laboratoire. Dans la mesure où la précision de mesure observée dépend également des propriétés des liens qui sont utilisés dans la comparaison, la précision de mesure calculée selon les modèles d'erreur de 6.10 doit être en harmonie avec la précision de mesure observée décrite en 6.11.

Les indicateurs de précision de mesure estimée suivants sont applicables:

- limite accepté/refusé du lien permanent, pour la ligne de base et le lien;
- limite accepté/refusé du canal, pour le canal;
- fréquence d'essai la plus élevée applicable à la classe D pour le niveau IIE, classe E pour le niveau III, classe E_A pour le niveau IIIE, et classe F pour le niveau IV.

Dans les cas où la perte d'insertion mesurée est inférieure à 3 dB, les limites accepté/refusé 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 accepté/refusé pour la perte d'insertion et la paradiaphonie ne doivent pas s'appliquer.

NOTE 1 La précision de mesure pour tous les paramètres à l'exception de l'affaiblissement de réflexion présente la précision la plus défavorable à la fréquence d'essai la plus élevée. Dans le cas de l'affaiblissement de réflexion, le cas le plus défavorable apparaît à des fréquences peu élevées. Cependant, à très basse fréquence, la règle des 3 dB élimine les résultats à basse fréquence.

NOTE 2 La précision de mesure pour tous les paramètres à l'exception de l'affaiblissement de réflexion dépend de la limite accepté/refusé sur le lien ou le canal. En cas d'affaiblissement de réflexion, la précision de mesure lorsqu'elle est calculée à la limite accepté/refusé du lien permanent plutôt qu'à la limite du canal est dégradé d'environ 0,4 dB.

NOTE 3 En pratique, les paramètres de performance des appareils de contrôle sur le terrain sont souvent considérablement améliorés par rapport aux paramètres minimaux exigés. Le fabricant des appareils de contrôle sur le terrain peut spécifier une précision de mesure améliorée et utiliser cette précision de mesure améliorée pour réduire la bande d'incertitude comme indiqué à la Figure 22.

La précision réelle spécifiée par les fabricants d'instruments est appelée «précision nominale» et elle est approximativement égale à ½ de la précision la plus défavorable consignée du Tableau 6 au Tableau 10.