

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Connectors for electronic equipment – Tests and measurements –
Part 26-100: Measurement setup, test and reference arrangements and
measurements for connectors according to IEC 60603-7 – Tests 26a to 26g**

**Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures –
Partie 26-100: Montage de mesure, dispositifs d'essai et de référence et mesures
pour les connecteurs conformes à la CEI 60603-7 – Essais 26a à 26g**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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



**Connectors for electronic equipment – Tests and measurements –
Part 26-100: Measurement setup, test and reference arrangements and
measurements for connectors according to IEC 60603-7 – Tests 26a to 26g**

**Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures –
Partie 26-100: Montage de mesure, dispositifs d'essai et de référence et mesures
pour les connecteurs conformes à la CEI 60603-7 – Essais 26a à 26g**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative reference.....	9
3 General requirements for measurement setup.....	10
3.1 Test instrumentation.....	10
3.2 Coaxial cables and test leads for network analysers.....	10
3.3 Measurement precautions.....	10
3.4 Balun requirements.....	11
3.5 Reference components for calibrations.....	12
3.5.1 Reference loads for calibration.....	12
3.5.2 Reference cables for calibration.....	12
3.6 Termination loads for termination of conductor pairs.....	12
3.7 Termination of screens.....	13
3.8 Test specimen and reference planes.....	13
3.9 Termination of balun with low return loss for common mode.....	14
3.9.1 General.....	14
3.9.2 Centre tap connected to ground.....	14
3.9.3 Centre tap open.....	14
4 Connector measurement up to 250 MHz.....	15
4.1 Insertion loss (IL), Test 26a.....	15
4.1.1 Object.....	15
4.1.2 Free connector for insertion loss.....	15
4.1.3 Test method.....	15
4.1.4 Test set-up.....	15
4.1.5 Procedure.....	15
4.1.6 Test report.....	17
4.1.7 Accuracy.....	17
4.2 Return loss (RL), Test 26b.....	17
4.2.1 Object.....	17
4.2.2 Free connector for return loss.....	17
4.2.3 Test method.....	17
4.2.4 Test set-up.....	17
4.2.5 Procedure.....	17
4.2.6 Test report.....	17
4.2.7 Accuracy.....	17
4.3 Near-end crosstalk (NEXT), Test 26c.....	18
4.3.1 Object.....	18
4.3.2 Fixed and free connector combinations to be tested.....	18
4.3.3 Test method.....	18
4.3.4 Test set-up.....	18
4.3.5 Procedure.....	19
4.3.6 Test report.....	20
4.3.7 Accuracy.....	20
4.4 Far-end crosstalk (FEXT), Test 26d.....	20
4.4.1 Object.....	20

4.4.2	Fixed and free connector combinations to be tested	20
4.4.3	Test method	20
4.4.4	Test set-up	20
4.4.5	Procedure.....	21
4.4.6	Test report.....	22
4.4.7	Accuracy	22
4.5	Transfer impedance (Z_T), Test 26e	22
4.5.1	Object	22
4.5.2	Test method	22
4.5.3	Definitions	22
4.5.4	Test set-up	23
4.5.5	Procedure.....	27
4.5.6	Test report.....	29
4.5.7	Accuracy	29
4.6	Transverse Conversion Loss (TCL), Test 26f.....	29
4.6.1	Object	29
4.6.2	Test method	29
4.6.3	Test set-up	29
4.6.4	Procedure.....	30
4.6.5	Test report.....	30
4.6.6	Accuracy	30
4.7	Transverse Conversion Transfer Loss (TCTL), Test 26g.....	31
4.7.1	Object	31
4.7.2	Test method	31
4.7.3	Test set-up	31
4.7.4	Procedure.....	31
4.7.5	Test report.....	32
4.7.6	Accuracy	32
5	Construction and qualification of test plugs.....	32
5.1	De-embedding near-end crosstalk (NEXT) test plug	32
5.1.1	Set-up and calibration of reference plug	32
5.1.2	Test plug construction	34
5.1.3	Test plug NEXT measurement	34
5.1.4	Test plug NEXT requirements	36
5.1.5	Test plug balance	38
5.2	Far-end crosstalk (FEXT) test plug	39
5.2.1	General	39
5.2.2	Test plug FEXT measurement – de-embedding method	40
5.2.3	Test plug FEXT measurement – direct method	40
5.2.4	FEXT test plug requirements	41
5.3	Return loss test plug	41
6	Reference plug and jack construction and measurement – the basics of the de-embedding test method	41
6.1	De-embedding near-end crosstalk (NEXT) reference plug and jack	41
6.1.1	Reference plug construction	41
6.1.2	Return loss reference plug.....	42
6.1.3	Set-up and calibration of reference plug	43
6.1.4	De-embedding reference plug NEXT measurement.....	43
6.1.5	Delay adjustment in lieu of port extension.....	43

6.2	De-embedding near-end crosstalk (NEXT) reference jack.....	43
6.2.1	Reference jack construction.....	43
6.2.2	De-embedding reference jack NEXT measurement.....	45
6.2.3	Differential mode jack vector	45
6.3	Determining reference jack FEXT vector	45
6.3.1	FEXT reference plug details	45
6.3.2	FEXT reference jack assembly	48
6.3.3	De-embedding reference jack FEXT assembly measurement.....	49
Annex A (informative) Example test fixtures in support		50
Bibliography.....		56
Figure 1 – Optional 180° hybrid used instead of a balun		11
Figure 2 – Example of calibration of reference loads.....		12
Figure 3 – Resistor load.....		13
Figure 4 – Definition of reference planes.....		14
Figure 5 – Balanced attenuator for balun centre tap grounded		14
Figure 6 – Balanced attenuator for balun centre tap open		15
Figure 7 – Calibration		16
Figure 8 – Measuring set-up		16
Figure 9 – NEXT measurement for differential and common mode terminations		19
Figure 10 – FEXT measurement for differential and common mode terminations.....		21
Figure 11 – Preparation of test specimen.....		23
Figure 12 – Triaxial test set-up		24
Figure 13 – Impedance matching for $R_1 < 50 \Omega$		26
Figure 14 – Impedance matching for $R_1 > 50 \Omega$		27
Figure 15 – TCL measurement.....		29
Figure 16 – TCTL measurement.....		31
Figure 17 – Back-to-back through calibration (for more information see Annex A).....		33
Figure 18 – Mated test plug/direct fixture test configuration		40
Figure 19 – De-embedding reference plug		42
Figure 20 – De-embedding reference jack.....		44
Figure 21 – De-embedding reference FEXT plug without sockets.....		45
Figure 22 – De-embedding reference FEXT plug with sockets.....		46
Figure 23 – Reference FEXT plug mated to PWB.....		46
Figure 24 – Reference FEXT plug-test lead position		47
Figure 25 – Reference FEXT plug assembly		47
Figure 26 – Test leads connected to de-embedded reference jack/PWB assembly.....		49
Figure 27 – Reference FEXT plug mated to reference jack/PWB assembly		49
Figure A.1 – TH13KIT test head interface with baluns attached		50
Figure A.2 – Alternative to item 3.1 in Table A.2		52
Figure A.3 – Pyramid test setup for shielded connectors		52
Figure A.4 – Exploded assembly of the coaxial termination reference test head.....		54
Figure A.5 – Detailed view of the coaxial termination reference test-head interface		54

Table 1 – Test balun performance characteristics	11
Table 2 – Uncertainty band of return loss measurement at frequencies below 100 MHz.....	18
Table 3 – Uncertainty band of return loss measurement at frequencies above 100 MHz.....	18
Table 4 – De-embedded NEXT real and imaginary reference jack vectors.....	35
Table 5 – Differential mode reference jack vectors.....	36
Table 6 – Test plug NEXT loss limits for connectors specified up to 100 MHz according to IEC 60603-7-2 or IEC 60603-7-3.....	37
Table 7 – Test plug NEXT loss limits for connectors specified up to 250 MHz according to IEC 60603-7-4 or IEC 60603-7-5.....	38
Table 8 – Test-plug differential and differential with common-mode consistency	39
Table 9 – Test plug FEXT requirements – De-embedding method	41
Table 10 – Return loss requirements for return loss reference plug.....	43
Table A.1 – Coaxial termination reference head component list	50
Table A.2 – Coaxial termination reference head, additional parts	51
Table A.3 – Coaxial termination reference head component list	53

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60512-26-100:2008+AMD1:2011 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONNECTORS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT –
TESTS AND MEASUREMENTS –****Part 26-100: Measurement setup, test and reference arrangements and
measurements for connectors according to IEC 60603-7 – Tests 26a to 26g**

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.

This consolidated version of IEC 60512-26-100 consists of the first edition (2008) [documents 48B/1892/FDIS and 48B/1925/RVD] and its amendment 1 (2011) [documents 48B/2065/FDIS and 48B/2149/RVD]. It bears the edition number 1.1.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

International Standard IEC 60512-26-100 has been prepared by subcommittee 48B: Connectors, of IEC technical committee 48: Electromechanical components and mechanical structures for electronic equipment.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60512-1 and IEC 60512-1-100 which explains the structure of the IEC 60512 series.

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

A list of all parts of the IEC 60512 series, under the general title *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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 publication using a colour printer.

INTRODUCTION

Detail specifications for 8-way, free and fixed connectors such as IEC 60603-7-4:2005 and IEC 60603-7-5:2007 define measurement setup, test and reference arrangements and measurements for interoperability and backward compatibility tests for connectors according IEC 60603-7 up to 250 MHz for insertion loss (IL), near end crosstalk (NEXT), far end crosstalk (FEXT), return loss (RL) and balance (transverse conversion loss, TCL, and transverse conversion transfer loss, TCTL) as well as the de-embedding method to qualify the fixed (outlet) connector.

This standard keeps the technical content of the test methods specified in the annexes C to J as specified in IEC 60603-7-4:2005 and annexes C to K as specified in IEC 60603-7-5:2007, but it structures and harmonizes the measurements for better readability. This standard is intended to be referenced by the future second editions of IEC 60603-7-x and the future first editions of IEC 60603-7-xy (under preparation). This standard is intended to be referenced by IEC 60603-7-x Edition 2.0 and IEC 60603-7-xy Edition 1.0 standards (under preparation) and may be referenced for all IEC standards with 60603-7 interface.

IEC 60516-26-100: Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 26-100, consists of the following clauses:

- Clause 3: General requirements for measurement setup
- Clause 4: Connector measurement up to 250 MHz

NOTE 1 Clauses 3 and 4 define the measurement procedures to qualify the outlet

- Clause 5: Construction and qualification of test plugs

NOTE 2 The wiring of the plug has an effect on the mated connector performance. Extensive measurements show that NEXT and FEXT are affected in a particular way so that the properties of the test plug must be controlled. To ensure adequate performance for the outlet over the expected range of different plug wiring, it shall be tested with a set of up to 12 test plugs with different NEXT performances. The outlet complies with the NEXT requirements of the standard only if all the combinations comply with their requirements for near end crosstalk. FEXT is handled in a similar way, but only one test plug is required. Clause 5 describes the construction and qualification of test plugs. Test plugs are used in the laboratory as long as possible to avoid the costly procedure to find new test plugs.

- Clause 6: Reference jack, construction and measurement – the basics of the de-embedding test method

NOTE 3 Clause 6 describes the preparation and measurements of the reference plugs and jacks as a basis of the de-embedding test method.

The test methods provided here are:

- insertion loss, test 26a;
- return loss, test 26b;
- near end crosstalk (NEXT), test 26c;
- far end crosstalk (FEXT), test 26d;
- transfer impedance (Z_T), test 26e;
- transverse conversion loss (TCL), test 26f;
- transverse conversion transfer loss (TCTL), test 26g.

For the coupling attenuation, see EN 50289-1-14.

CONNECTORS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT – TESTS AND MEASUREMENTS –

Part 26-100: Measurement setup, test and reference arrangements and measurements for connectors according to IEC 60603-7 – Tests 26a to 26g

1 Scope

This part of IEC 60512 specifies the test and measurements and the related measurement setup and reference arrangements for interoperability and backward compatibility tests for the development and qualification of 8-way, free and fixed connectors for data transmission.

2 Normative reference

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

IEC 60512-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1: General*

IEC 60512-1-100, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1-100: General – Applicable publications*

IEC 60603-7, *Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards – Part 7: Detail specification for connectors, 8-way, including fixed and free connectors with common mating features, with assessed quality*

IEC 60603-7-2, *Connectors for electronic equipment – Part 7-2: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 100 MHz*

IEC 60603-7-3, *Connectors for electronic equipment – Part 7-3: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 100 MHz*

IEC 60603-7-4:2005, *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 60603-7-5:2007, *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 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*

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

ISO 11801:2002, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

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

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

EN 50289-1-14, *Communication cables – Specification for test methods – Part 1-14: Electrical test methods – Coupling attenuation or screening attenuation of connecting hardware*

3 General requirements for measurement setup

3.1 Test instrumentation

These electrical test procedures require the use of a vector network analyser. The analyser shall have be capable of full 2-port calibrations. The analyser shall cover the frequency range of 1 MHz to 1 GHz at least.

At least two test baluns are required in order to perform measurements with balanced symmetrical signals. The requirements for the baluns are given in 3.4.

Reference loads and cables are needed for the calibration of the set-up. Requirements for the reference loads and cables are given in 3.5.1 and 3.5.2 respectively.

Termination loads are needed for termination of pairs, used and unused, which are not terminated by the test baluns. Requirements for the termination loads are given in 3.9.

An absorbing clamp and ferrite absorbers are needed for the coupling attenuation measurements. The requirements for these items are given in EN 50289-1-14.

3.2 Coaxial cables and test leads for network analysers

Coaxial cable assemblies between network analyser and baluns should be as short as possible. (It is recommended that they do not exceed 60 cm each.)

The baluns shall be electrically bonded to a common ground plane. For crosstalk measurements, a test fixture may be used, in order to reduce residual crosstalk (see 3.9 and Annex A).

Balanced test leads and associated connecting hardware to connect between the test equipment and the connector under test shall be taken from components that meet or exceed the requirements for the relevant class of balanced cabling performance according to ISO/IEC 11801. Balanced test leads shall be limited to a maximum of 7 cm between each balun and the reference plane of the connector under test. Pairs shall remain twisted from the baluns to where connections are made. The impedance of the test leads from the DUT (Device Under Test) to the baluns shall be managed, as far as possible, for both differential and common modes. This can be done by mounting the test leads in a pyramid, channel, or other device.

3.3 Measurement precautions

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

- a) Consistent and stable balun and resistor loads shall be used for each pair throughout the test sequence.

- b) Cable and adapter discontinuities, as introduced by physical flexing, sharp bends and restraints shall be avoided before, during and after the tests.
- c) Consistent test methodology and terminations (baluns or resistors) shall be used at all stages of transmission performance qualifications.

The relative spacing of conductors in the pairs shall be preserved throughout the tests to the greatest extent possible.

- d) The balance of the cables is maintained to the greatest extent possible by consistent conductor lengths and pair twisting to the point of load.
- e) The sensitivity to set-up variations for these measurements at high frequencies demands attention to detail for both the measurement equipment and the procedures.
- f) All common mode terminations and the housing of the baluns shall be terminated to one common ground plane.

3.4 Balun requirements

The baluns may be balun transformers or 180° hybrids with attenuators to improve matching if needed (see Figure 1).

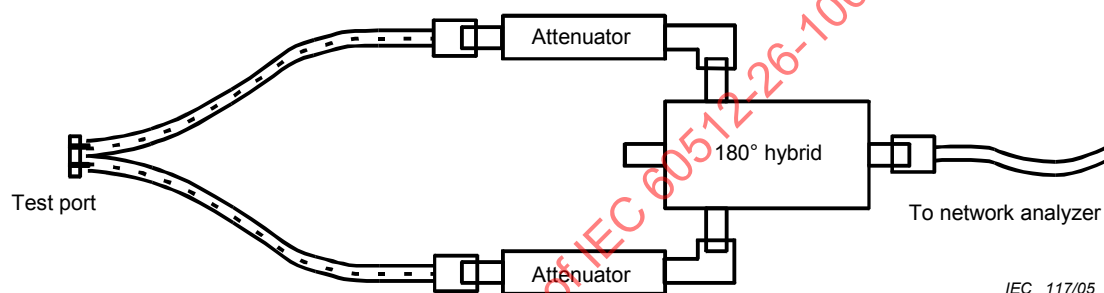


Figure 1 – Optional 180° hybrid used instead of a balun

The specifications for the baluns apply for the whole frequency range for which they are used. Baluns shall be shielded and shall comply with the specifications listed in Table 1.

Table 1 – Test balun performance characteristics

Parameter	Requirement at test frequencies up to 250 MHz
Impedance, primary	Matched to applied network analyser
Impedance, secondary	100 Ω
Insertion loss	10 dB maximum
Return loss secondary	14 dB minimum
Return loss common mode with common mode termination ^{a)}	10 dB minimum
Return loss common mode without common mode termination ^{a)}	1 dB maximum
Longitudinal balance ^{b)}	50 dB
Common mode rejection ^{c)}	50 dB
Output signal balance ^{c)}	50 dB
Power rating	0,1 W
^{a)} Measured by connecting the balanced output terminals together and measuring the return loss. The nominal primary impedance shall terminate the primary input terminal. ^{b)} Applicable for baluns, which are used for balance measurements. Measured from the primary input terminal to the common mode terminal when the secondary balanced terminal is terminated with 100 Ω . ^{c)} Measured according to ITU-T Recommendations G.117 and O.9 (formerly CCITT recommendations).	

3.5 Reference components for calibrations

3.5.1 Reference loads for calibration

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

The reference load e.g. chip resistors shall be calibrated against a calibration reference, which shall be a 50 Ω load, traceable to an international reference standard. Two 100 Ω reference loads in parallel shall be calibrated against the calibration reference. The reference loads for calibration shall be placed in an appropriate connector, e.g. N-type connector according to IEC 61169-16 or SMA connector according to IEC 60169-15, meant for panel mounting, which is machined flat on the back side (see Figure 2). The loads shall be fixed to the flat side of the connector, distributed evenly around the centre conductor. A network analyser shall be calibrated, 1-port full calibration, with the calibration reference. Thereafter, the return loss of the reference loads for calibration shall be measured. The verified return loss shall be >46 dB at frequencies up to 100 MHz and >40 dB at frequencies above 100 MHz and up to the limit for which the measurements are to be carried out.

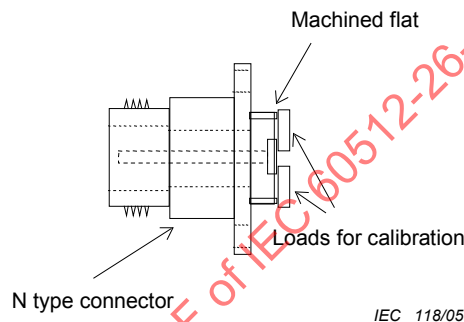


Figure 2 – Example of calibration of reference loads

3.5.2 Reference cables for calibration

As a minimum, the reference cable that is used to perform the calibration of the test set-up shall satisfy the requirement of the same class of balanced cabling performance according to ISO/IEC 11801 according to the IEC 61156 series as the class of the connector. The reference cable shall be a length of horizontal cable for which the sheath is preserved. One of the pairs of the reference cable is used for the calibrations. The total length of the reference cable shall be according to the length of the measurement cables as outlined in the calibration procedures for the various tests. Both ends of the reference cable shall be well prepared, so that the twisting is maintained up to the test ports.

3.6 Termination loads for termination of conductor pairs

During measurement, the conductor pairs of the measurement cables for the connector under test shall be terminated according to the specified test set-up with impedance matching loads. For the 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. For differential mode only terminations, only resistor loads are allowed.¹

The nominal differential mode impedance of the termination shall be 100 Ω . The nominal common mode impedance shall be 50 $\Omega \pm 25 \Omega$.

¹ Unpredictable stray capacitances in baluns cause resonances at high frequencies, if they are used as terminations, when the common-mode terminal is open.

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 connectors while a value of 25 Ω is used for screened connectors.

Resistor loads shall use resistors specified for ± 1 % accuracy at d.c. and have a return loss greater than $40 - 10\log(f)$ where f is the frequency in megahertz². For pairs connected to a balun, common-mode load is implemented by applying a load at the common-mode terminal (centre tap) of the balun. The impedance of the load is equal to the common-mode impedance. For a balun without a common-mode terminal (centre tap is not accessible), the requirement for common-mode return loss shall be complied with by inserting a balanced attenuator between the balun and the connector pair. Guidance on how this is done is shown in 3.9. For pairs connected to resistor loads, common-mode load is implemented by the Y configuration shown in Figure 3.

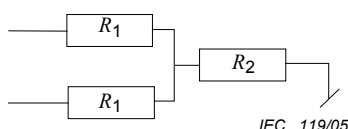


Figure 3 – Resistor load

where:

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (1)$$

and

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (2)$$

where:

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

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

The two resistors R_1 shall be matched to within 0,5 %. The termination shall be implemented at a small printed circuit board with surface mount resistors. The layout for the resistors R_1 shall be symmetrical.

The commonmode termination points for all pairs shall be connected to the ground plane.

3.7 Termination of screens

If the connector under test is screened, screened measurement cables shall be applied. (Individually screened twisted pairs (STP) are recommended.)

The screen or screens of these cables shall be fixed to the ground plane as close as possible to the measurement baluns.

If a pyramid test setup is used, the screen of each pair shall in contact with the grooves of the pyramid and connected as close as possible to the baluns on the mounting plate.

Care shall be taken to maintain a tight fit of the individual pair foil, if present, around the twisted pairs.

3.8 Test specimen and reference planes

The test specimen is a mated pair of relevant connectors. The electrical reference plane for the test specimen is the point at which the cable sheath enters the connector (the back end of the connector) or the point at which the internal geometry of the cable is no longer

² Return loss of terminations are measured with a network analyser connected to one balun, which is calibrated (full 1-port calibration) using the reference loads (see 3.5.1).

maintained, whichever is farther from the connector (see Figure 4). This definition applies to both ends of the test specimen.

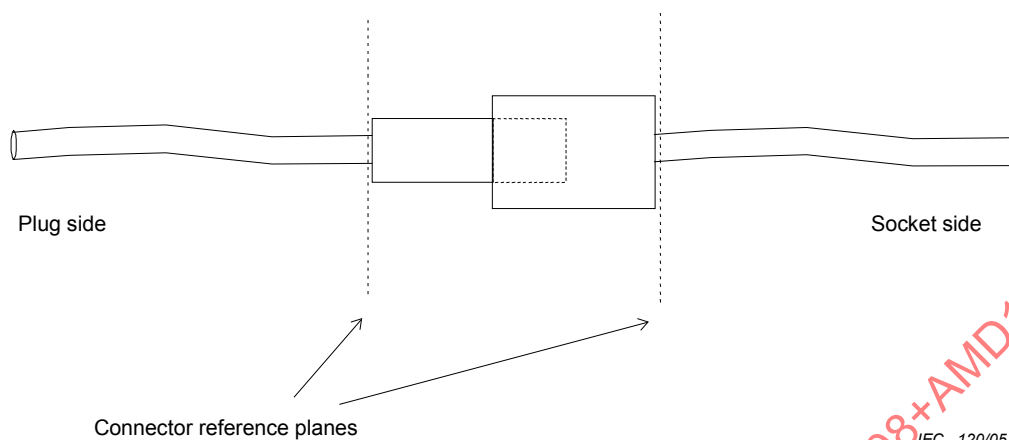


Figure 4 – Definition of reference planes

3.9 Termination of balun with low return loss for common mode

3.9.1 General

If the available balun does not provide a common-mode termination (centre tap is either connected to ground or open), a balanced resistor attenuator shall be applied in order to provide the required return loss. The attenuator shall be implemented at a small printed board mounted with SMD resistors. There are two cases: one for the centre tap connected to ground and one for the centre tap open.

3.9.2 Centre tap connected to ground

A diagram of the attenuator is shown in Figure 5. The nominal attenuation is 10 dB and the calculated common-mode impedance is 26 Ω .

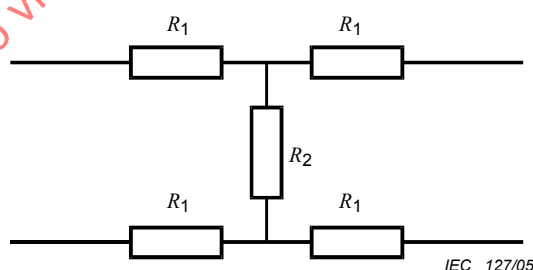


Figure 5 – Balanced attenuator for balun centre tap grounded

where: $R_1 = 26 \Omega$

and $R_2 = 70 \Omega$

3.9.3 Centre tap open

A diagram of the attenuator is shown in Figure 6. The nominal attenuation is 5 dB and the calculated common-mode impedance is 48 Ω .

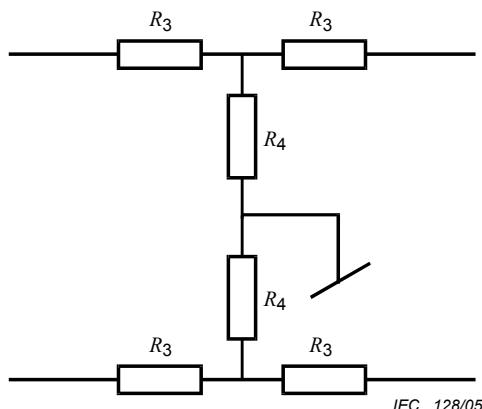


Figure 6 – Balanced attenuator for balun centre tap open

where: $R_3 = 14 \, \Omega$

and $R_4 = 82 \, \Omega$

NOTE Resistor values are nominal. The nearest standard values may be chosen.

4 Connector measurement up to 250 MHz

4.1 Insertion loss³ (IL), Test 26a

4.1.1 Object

The object of this test is to measure the insertion loss, which is defined as the additional attenuation that is provided by a pair of mated connectors inserted in a communication cable.

4.1.2 Free connector for insertion loss

It is not necessary to qualify the free connector for insertion loss testing of the fixed connector; it is assumed that the influence of different free connectors to the insertion loss is marginal. In case of conflict, the centre test plug should be used.

4.1.3 Test method

Insertion loss is evaluated by measuring the scattering parameters, S_{21} , of all the conductor pairs.

4.1.4 Test set-up

The test set-up consists of a network analyser and two baluns as defined in 3.1.

It is not necessary to terminate the unused pairs.

4.1.5 Procedure

4.1.5.1 Calibration

A full 2-port calibration shall be performed at the reference plane. This is performed by applying a maximum length of 14 cm reference cable between the terminals of the baluns and carrying out the transmission calibration measurement. Then maximum lengths of 7 cm reference cables are connected to the terminals of the two baluns (see Figure 7). The total length of these cables shall be equal to the length of the reference cable used for

³ Often referred to as attenuation.

transmission calibrations. At the end of these reference cables, the reflection calibrations are performed by applying open, short and load terminations.

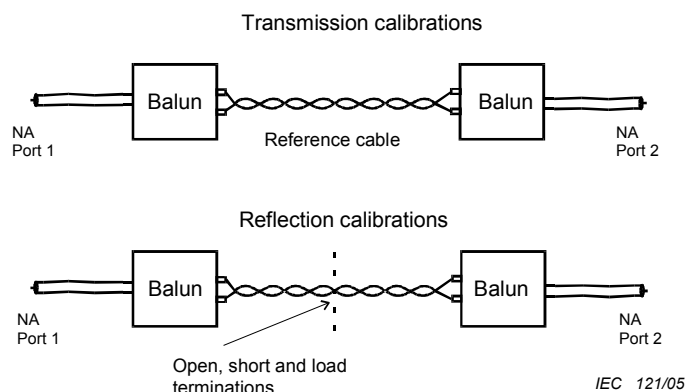


Figure 7 – Calibration

4.1.5.2 Measurement

The test specimen shall be terminated with measurement cables at both ends. The length of measurement cables shall be equal to the length of the reference cables used for reflection calibrations. The measurement cables shall be the cable types for which the connector is intended. An S_{21} measurement shall be performed. See Figure 8.

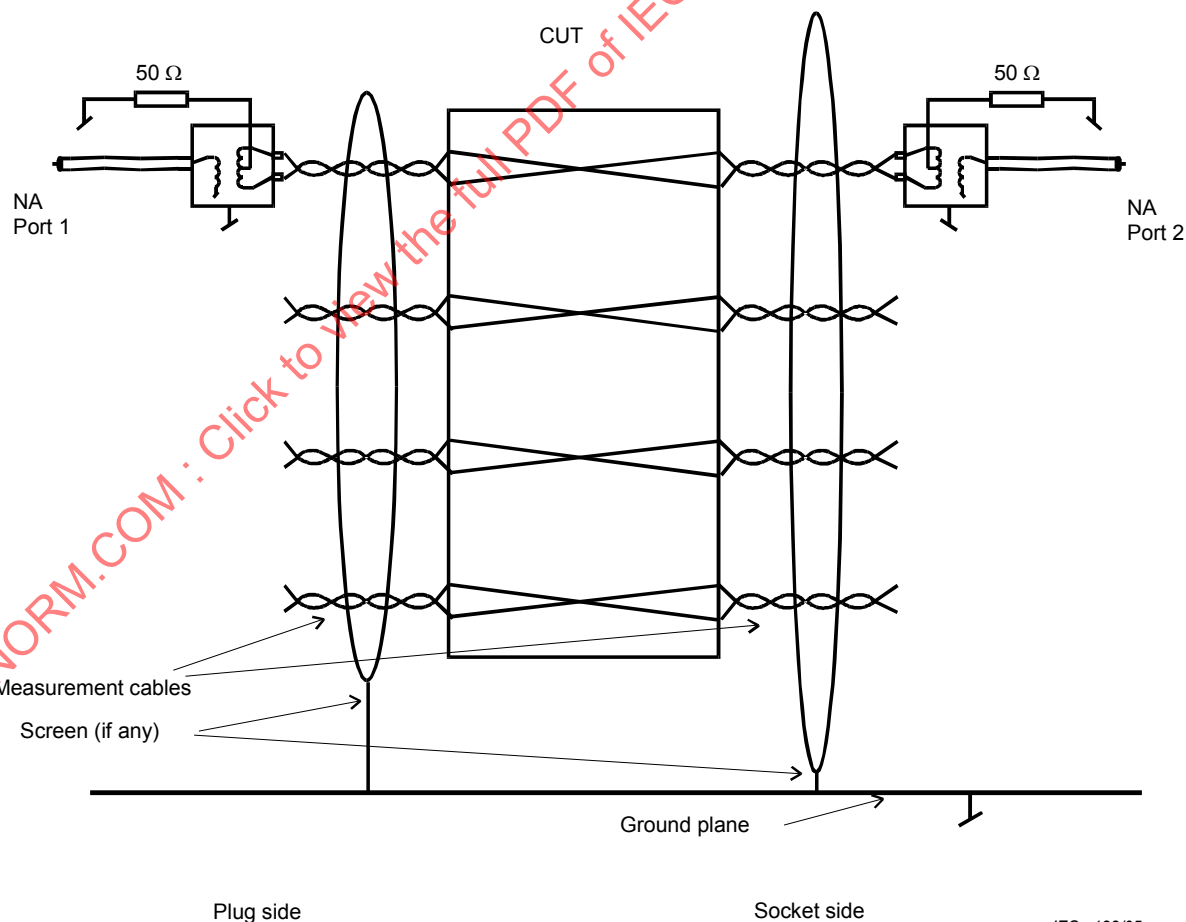


Figure 8 – Measuring set-up

4.1.6 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.

4.1.7 Accuracy

The accuracy shall be within $\pm 0,05$ dB.

4.2 Return loss (RL), Test 26b

4.2.1 Object

The object of this test is to measure the return loss of a mated connector pair at the two reference planes.

4.2.2 Free connector for return loss

Fixed connector return loss shall be qualified with a free connector complying with the reference plug requirements of 6.1.2.

4.2.3 Test method

Return loss (RL) is measured by measuring the scattering parameters, S_{11} and S_{22} , of all the conductor pairs.

NOTE As a connector is a low-loss device, the return loss of the two sides is nearly equal.

4.2.4 Test set-up

The test set-up is as described in Clause 3. A resistor network as per 3.6 may be substituted for the balun at the far end.

4.2.5 Procedure

4.2.5.1 Calibration

Calibration shall be performed as described in 4.3.5.1.

4.2.5.2 Measurement

The test specimen shall be terminated with measurement cables at both ends. The length of measurement cables shall be equal to the length of the reference cables used for reflection calibrations. The measurement cables shall be the cable types for which the connector is intended. S_{11} and S_{22} measurements shall be carried out for each of the pairs.

4.2.6 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.

4.2.7 Accuracy

The return loss of the load for calibration is verified to be greater than 46 dB up to 100 MHz and greater than 40 dB at higher frequencies. The uncertainty of the connection between the connector under test and the baluns is expected to deteriorate the return loss of the set-up (effectively the directional bridge implemented by the test set-up) by 6 dB. The accuracy of

the return loss measurements is then equivalent to measurements performed by a directional bridge with a directivity of 40 dB and 34 dB. The accuracy (uncertainty band) is given in Tables 2 and 3.

Table 2 – Uncertainty band of return loss measurement at frequencies below 100 MHz

Measured RL	10	12	15	18	20	22	25	28	30
Lower uncertainty limit	–0,3	–0,3	–0,5	–0,7	–0,8	–1,0	–1,4	–1,9	–2,4
Higher uncertainty limit	+0,3	+0,4	+0,5	+0,7	+0,9	+1,2	+1,7	+2,5	+3,3

Table 3 – Uncertainty band of return loss measurement at frequencies above 100 MHz

Measured RL	10	12	15	18	20	22	25	28	30
Lower uncertainty limit	–0,5	–0,7	–0,9	–1,3	–1,6	–1,9	–2,6	–3,5	–4,2
Higher uncertainty limit	+0,6	+0,7	+1,0	+1,3	+1,9	+2,5	+3,8	+6,0	+8,7

EXAMPLE Let the measured RL be 20 dB. The true RL then lies in the band of 18,4 dB to 21,9 dB at frequencies above 100 MHz.

4.3 Near-end crosstalk (NEXT), Test 26c

4.3.1 Object

The object of this test procedure is to measure the magnitude of the electric and magnetic coupling between driven (disturbing) and quiet (disturbed) pairs of a mated connector pair.

4.3.2 Fixed and free connector combinations to be tested

For fixed connectors specified up to 250 MHz according to IEC 60603-7-4 or IEC 60603-7-5, all sockets shall be tested with the full set of 12 test plug cases described in table 7. The mated connector NEXT loss shall meet the requirements of the appropriate detail specification.

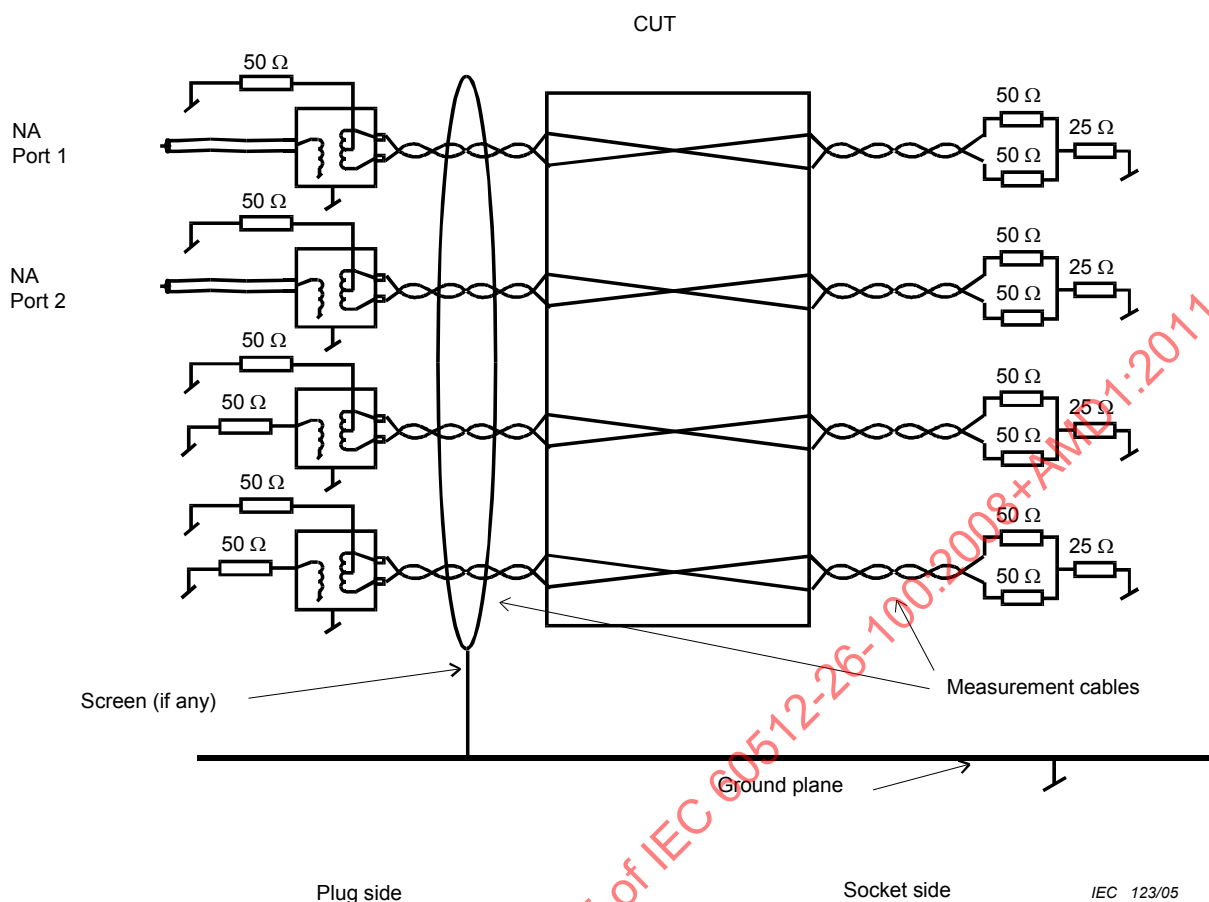
For fixed connectors specified up to 100 MHz according to IEC 60603-7-2 or IEC 60603-7-3, all sockets shall be tested with the full set of 9 test plug cases described in table 6, and shall satisfy the requirements of the appropriate detail specification.

4.3.3 Test method

Near-end crosstalk is evaluated by measuring the scattering parameters, S_{21} , of the possible conductor pair combinations at one end of the mated connector, while the other ends of the pairs are terminated.

4.3.4 Test set-up

The test set-up consists of two baluns and a network analyser as defined in Clause 3. An illustration of the set-up, which also shows the termination principles, is shown in Figure 9.



NOTE 1 Passive terminations may be either balun or resistor terminations.

NOTE 2 The 25 Ω common mode termination is not a critical value, see note in 3.6.

Figure 9 – NEXT measurement for differential and common mode terminations

4.3.5 Procedure

4.3.5.1 Calibration

A through calibration shall be applied as a minimum. Full 2-port calibration per 4.1.5.1 is recommended in order to enhance the measurement accuracy.

4.3.5.2 Establishment of noise floor

The noise floor of the set-up shall be measured. The level of the noise floor is determined by white noise, which may be reduced by increasing the test power and by reducing the bandwidth of the network analyser, and by residual crosstalk between the test baluns. The noise floor shall be measured by terminating the baluns with resistors and performing an S_{21} measurement. The noise floor shall be 20 dB lower than any specified limit for the crosstalk. If the measured value is closer to the noise floor than 10 dB, this shall be reported.

NOTE For high crosstalk values, it may be necessary to screen the terminating resistors.

4.3.5.3 Measurement

Connect the disturbing pair of the connector under test (CUT) to the signal source and the disturbed pair to the receiver port.

Terminate according to Figure 9. It is recommended that the socket be terminated with short separated pairs without sheath. Test all possible pair combinations⁴ and record the results.

The CUT shall be tested with differential and common mode terminations.

Differential and common mode terminations shall be provided on at least one end of each pair, including the unused pairs. This may be the near end or the far end. Differential terminations shall be provided at both ends. Optionally, differential and common-mode terminations may be provided at both ends of all pairs, as shown in Figure 9.

The measurements shall be performed from both ends of the mated connector. As a connector is a low-loss device, near-end crosstalk values from two ends are nearly equal.

Modular connector performance on all pair combinations shall be qualified with the full range of test plugs. This means each pair combination of each modular connector will be tested with 2 worst case plugs representing the lower limit and upper limit NEXT requirement, on pair combinations 1,2-3,6; 3,6-4,5; and 3,6-7,8.

4.3.6 Test report

The results measured 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.

4.3.7 Accuracy

The accuracy shall be better than ± 1 dB at measurements up to 60 dB and ± 2 dB at measurements up to 85 dB.

4.4 Far-end crosstalk (FEXT), Test 26d

4.4.1 Object

The object of this test procedure is to measure the magnitude of the electric and magnetic coupling between driven (disturbing) and quiet (disturbed) pairs of a mated connector pair.

4.4.2 Fixed and free connector combinations to be tested

Fixed connector performance on all pair combinations shall be qualified with at least one test plug, lying within the ranges defined by the worst cases of the NEXT requirements of 5.1.4 and the FEXT requirements of 5.2.4.

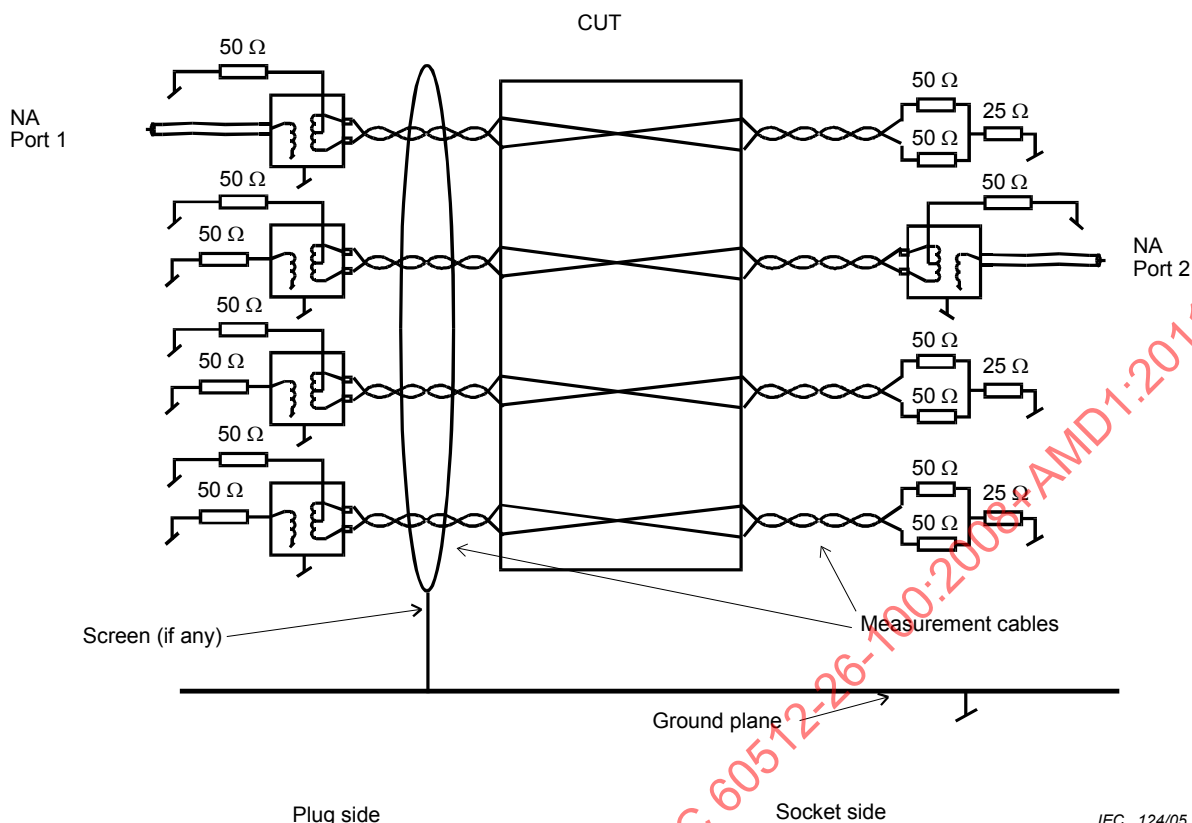
4.4.3 Test method

Far end crosstalk is evaluated by measuring the scattering parameters, S_{21} , at the far end of a pair when the signal is applied at the near end of any other possible pair of the mated connector.

4.4.4 Test set-up

The test set-up consists of two baluns and a network analyser as defined in 3.1. An illustration of the set-up, which also shows the termination principles, is shown in Figure 10.

⁴ There are 6 different combinations of near end crosstalk in a four pair connector from each side, which gives a total of 12 measurements for each kind of termination method.



NOTE Passive terminations may be either balun or resistor terminations.

Figure 10 – FEXT measurement for differential and common mode terminations

4.4.5 Procedure

4.4.5.1 Calibration

Calibration is performed as shown in 4.3.5.1.

4.4.5.2 Establishment of noise floor

The noise floor of the set up is established as shown in 4.3.5.2.

4.4.5.3 Measurement

Connect the disturbing pair of the CUT to the signal source and the disturbed pair to the receiver port.

Differential and common mode terminations shall be provided on at least one end of each pair, including the unused pairs. This may be the near or far end. Differential terminations shall be provided at both ends.

Terminate according to Figure 10. It is recommended that the socket be terminated with short separated pairs without sheath. Test all possible pair combinations⁵ and record the results.

⁵ There are 12 different combinations for far-end crosstalk in a four pair connector, which gives a total of 12 measurements for each termination method.

4.4.6 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.

4.4.7 Accuracy

The accuracy shall be better than ± 1 dB at measurements up to 60 dB and ± 2 dB at measurements up to 85 dB.

4.5 Transfer impedance (Z_T), Test 26e

4.5.1 Object

The object of this test is to measure the transfer impedance of the test specimen. The transfer impedance, Z_T [Ω] of an electrically short uniform connector is defined as the quotient of the longitudinal voltage in the outer system to the current in the inner system.

4.5.2 Test method

The test determines the transfer impedance of the screened connector by measuring the connector in a triaxial test set-up. This set-up is also used for measurement of transfer impedance for cables (IEC 61196 series).

4.5.3 Definitions

4.5.3.1 Inner and outer circuit

The inner circuit consists of the screens and the conductors of the test specimen. The voltages and currents of the inner circuit are indicated by a subscript 1. The outer circuit consists of the outer screen surface and the inner surface of the test (triaxial) tube. The voltages and currents of the outer circuit are indicated by a subscript 2.

4.5.3.2 Coupling length

Two cables in the test set-up terminate to the connector under test. The combined length of connector and cable, which is inside the triaxial tube is called the coupling length. The maximum allowed coupling length depends on the highest frequency to be measured:

$$L_{c,max} \leq \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{\epsilon_{r1}} \times f_{max}} \quad (5)$$

where

$L_{c,max}$ is the maximum coupling length;

f_{max} is the highest frequency;

ϵ_{r1} is the resulting relative permittivity of the dielectric of the connecting cable.

The condition means that the phase constant of the cable multiplied by the length is less than 1.

4.5.4 Test set-up

4.5.4.1 Preparation of test specimen

The principle for preparation of the test specimen is shown in Figure 11.

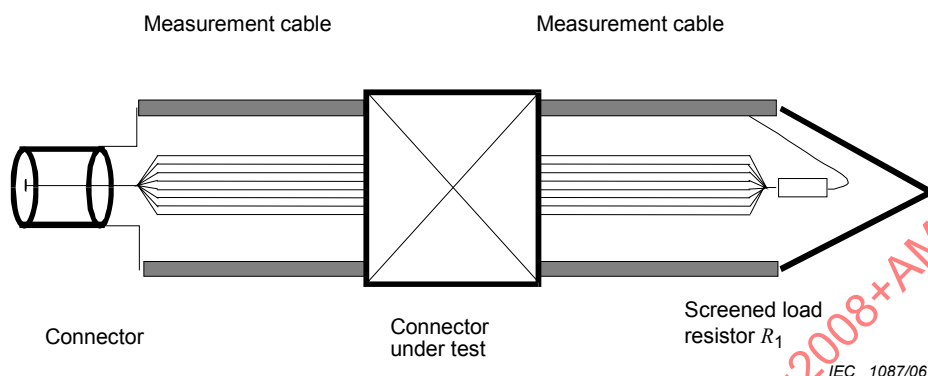


Figure 11 – Preparation of test specimen

Measurement cables providing class D, E or F balanced cabling performance according to ISO/IEC 11801 as prescribed by the manufacturer shall terminate the test specimen.

The length of the measurement cable shall be 7 cm. The length of the tube determines the length of the other measurement cable. The signal conductors of the measurement cables shall be connected together at both ends. The short measurement cable shall be terminated by R_1 , (see 4.5.4.4) which shall be connected between the inner conductors and the cable screens. R_1 shall be screened by a metallic screen, which is bonded to the screens of the measurement cable.

4.5.4.2 Triaxial set-up

The test set-up consists of a network analyser and a triaxial test set-up for measuring transfer impedance. The triaxial test set-up consists of a metallic (for example brass) tube, resistors and impedance matching networks.

The metallic tube is closed at both ends with metallic endplates with provisions for cable feed through. The diameter of the tube shall be large enough to be able to accommodate the test specimen. The length of the tube should preferably be equal to or less than 30 cm. The directions given in 4.5.4.3 shall be used to determine the maximum frequency for valid measurements.

~~The resistors are terminating resistors. R_1 terminates the inner circuit. This resistor shall have a value close to the impedance of the inner circuit (see 4.5.3.1). The other, R_2 , terminates the outer circuit. The resistor shall have a value close to~~

$$\text{---} R_2 \approx 1,4 \times 60 \times \ln \frac{d_o}{d_c} \text{---} 50 \text{---} \quad (6)$$

~~where~~

~~d_o — is the inner diameter of tube;~~

~~d_c — is the outer diameter of the measurement cable screen.~~

~~The test specimen shall be mounted in the centre of the tube. (It may be supported by plastic foam).~~

R_1 is the inner circuit terminating load and is chosen to be within $\pm 2\%$ of Z_1 , the inner circuit impedance (see 4.5.4.3.2), utilising one or more standard value resistors.

R_2 is the outer circuit terminating load and is chosen to be within $\pm 2\%$ of the value, utilizing one or more standard value resistors, determined according to

$$R_2 = Z_2 - 50$$

where Z_2 is the outer circuit impedance (see 4.5.4.3.3).

The test set-up shall be connected to the network analyser through the impedance matching network. The impedance matching network is a minimum loss two resistor network, which matches the inner circuit to the impedance of the network analyser port (see 4.5.3.1). In Figure 12, the complete triaxial set-up is shown.

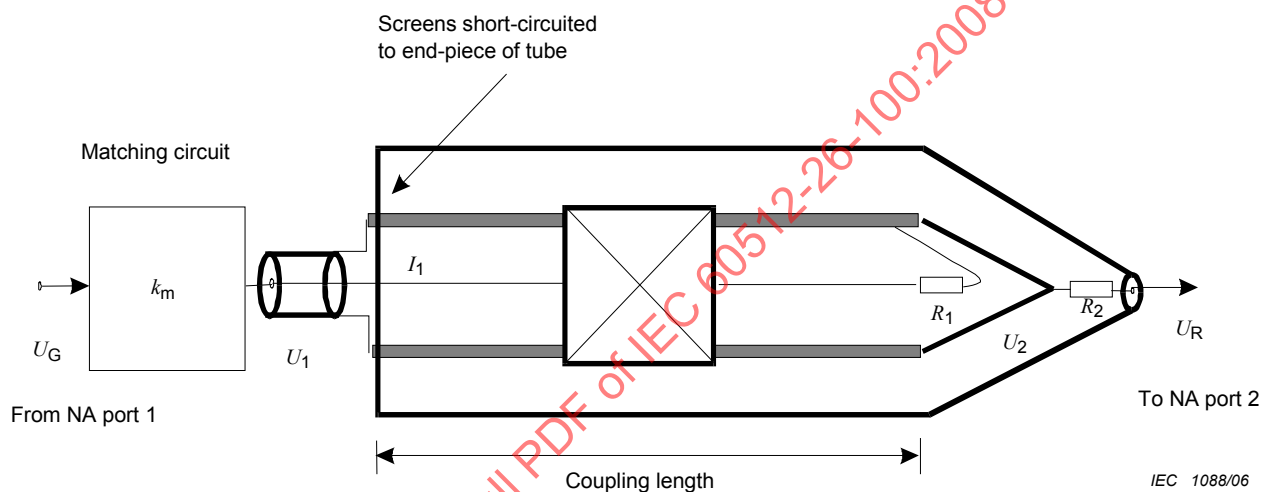


Figure 12 – Triaxial test set-up

4.5.4.3 Impedance of the inner circuit Inner and outer circuit impedances

If the impedance Z_1 of the inner circuit is not known, it may be determined by using this method:

One end of the prepared sample is connected to a network analyser, which is calibrated for impedance measurements at the sample reference plane. The test frequency shall be the approximate frequency for which the length of the sample is $1/8 \lambda$, where λ is the wavelength.

$$f_{\text{test}} \approx \frac{c}{1,5 \times 8 L_{\text{sample}}} \quad (7)$$

where

f_{test} is the test frequency;

c is the speed of light;

L_{sample} is the length of sample.

The sample is short-circuited at the far end. The impedance Z_{short} is measured.

The sample is left open at the same point where it was shorted. The impedance Z_{open} is measured.

~~Z_1 is calculated as:~~

$$\underline{Z_1 = \sqrt{Z_{\text{short}} \times Z_{\text{open}}}} \quad (8)$$

~~R_1 is chosen as a standard value resistor, whose resistance is close (< 20 %) to Z_1 .~~

4.5.4.3.1 General

Where the inner circuit impedance (Z_1) or outer circuit impedance (Z_2) are unknown, the inner circuit impedance shall be determined according to 4.5.4.3.2 and the outer circuit impedance shall be determined according to 4.5.4.3.3.

Measurements shall be made by preparing the sample (for the inner circuit impedance measurement) or the sample in the metallic tube (for the outer circuit impedance measurement), and connecting to a network analyzer (or other suitable measurement system) which has been calibrated for impedance measurements at the sample or metallic tube reference planes respectively. The test frequency shall be the approximate frequency for which the length of the sample is $\frac{1}{8} \lambda$, where λ is the wavelength.

$$f_{\text{test}} \sim \frac{c}{1,5 \times 8 \times L_{\text{sample}}}$$

where

f_{test} is the test frequency
 c is the speed of light
 L_{sample} is the length of the sample

4.5.4.3.2 Inner circuit impedance measurement

The short circuit inner circuit impedance ($Z_{1 \text{ short}}$) is measured by short circuiting the far end of the prepared sample.

The open circuit inner circuit impedance ($Z_{1 \text{ open}}$) is measured by leaving the far end of the prepared sample open at the same point where it was shorted for the short circuit inner impedance measurement.

The inner circuit impedance is calculated as:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{1 \text{ short}} \times Z_{1 \text{ open}}}$$

4.5.4.3.3 Outer circuit impedance measurement

The outer circuit impedance is measured from port 2 of the network analyzer with the outer circuit terminating load (R_2) set to zero, i.e. short circuit (see Figure 12).

The short circuit outer circuit impedance ($Z_{2 \text{ short}}$) is measured by short circuiting the far end of the metallic tube to the screen of the prepared sample (as shown in Figure 12).

The open circuit outer circuit impedance ($Z_{2 \text{ open}}$) is measured by leaving the far end of the metallic tube "open" to the screen of the prepared sample at the same point where it was shorted for the short circuit outer impedance measurement. It is recommended that the

prepared sample be held in place using a low dielectric insulating support inside the metallic tube in approximately the same spatial position that it will occupy during the transfer impedance measurement.

The outer circuit impedance is calculated as:

$$Z_2 = \sqrt{Z_{2 \text{ short}} \times Z_{2 \text{ open}}}$$

4.5.4.4 Impedance matching networks

4.5.4.4.1 Configuration

If R_1 is not 50Ω ⁶ then an impedance matching circuit is needed. It shall be implemented as a two resistor circuit with one series resistor, R_s and one parallel resistor R_p . The value of the resistors and the configurations are shown in 4.5.4.2 and 4.5.4.3. The voltage gain, k_m is also shown for each configuration.

4.5.4.4.2 $R_1 < 50 \Omega$

If the impedance of the inner system, and subsequently R_1 is less than 50Ω the formulas below are used.

$$R_s = 50 \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}} \quad (9)$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}} \quad (10)$$

The configuration is depicted in Figure 13.

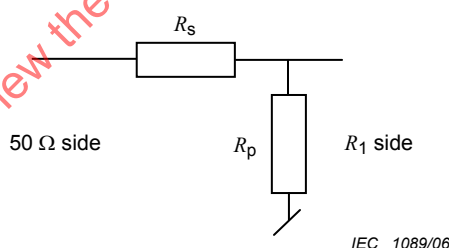


Figure 13 – Impedance matching for $R_1 < 50 \Omega$

The voltage gain, k_m of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s} \quad (11)$$

4.5.4.4.3 $R_1 > 50 \Omega$

If the impedance of the inner system, and subsequently R_1 is greater than 50Ω , the equations below are used.

⁶ For $40 < Z_1 < 60$, no impedance matching circuit is needed. In that case R_1 is set to 50Ω .

$$R_s = R_1 \sqrt{1 - \frac{50}{R_1}} \quad (12)$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}} \quad (13)$$

The configuration is depicted in Figure 14:

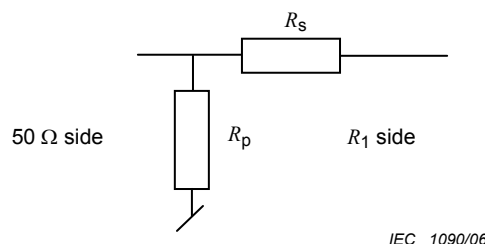


Figure 14 – Impedance matching for $R_1 > 50 \Omega$

The voltage gain, k_m of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_1}{R_s + R_1} \quad (14)$$

4.5.5 Procedure

4.5.5.1 Calibration

The two coaxial measurement cables, which connect the triaxial test set-up with the network analyser are connected together and a through calibration is performed.

4.5.5.2 Measurement

The insertion loss of the triaxial test set-up is measured from the lowest frequency for which the network analyser operates to the highest specification frequency of the relevant detail specification.

4.5.5.3 Evaluation of test results

4.5.5.3.1 General

The test measures the transfer impedance of the complete test sample including the parts of the terminating cable or cables, which are exposed in the tube. If the transfer impedances of the terminating cable or cables are not negligible, these impedances shall be subtracted from the result (see 4.5.5.3.3).

4.5.5.3.2 Calculation of transfer impedance

According to the definition:

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (15)$$

where

U_2 is the voltage in the outer system;

I_1 is the current in the inner system.

With reference to Figure 12:

$$U_R = \frac{50}{50 + R_2} \times U_2 \quad (16)$$

or

$$U_2 = \frac{50 + R_2}{50} \times U_R \quad (17)$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{k_m \times U_G}{R_1} \quad (18)$$

for $Z_T \ll R_1$

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} = \frac{R_1 \times (50 + R_2)}{50 k_m} \times \frac{U_R}{U_G} \quad (19)$$

$$Z_T = \frac{R_1 \times (50 + R_2)}{50 k_m} 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}} \quad (20)$$

where

Z_T is the transfer impedance;

a_{meas} is the attenuation measured at measuring procedure;

R_1 is the terminating resistor in inner system;

R_2 is the terminating resistor in outer system;

k_m is the voltage gain of the matching circuit (see 4.5.4.4).

4.5.5.3.3 Correction for transfer impedance of measurement cables

If the transfer impedance of the measurement cables is not negligible, the transfer impedance of the exposed length of the measurement cable shall be subtracted from the result.

The transfer impedance of the cable shall be measured in the same set-up as used for measuring the test sample. The calculated transfer impedance shall be corrected for the coupling length of the tested cable sample by dividing the result by the coupling length, L_c . The calculated transfer impedance of the cable has the dimension of Ω/m . The correction, which shall be subtracted from the measured Z_T is then the transfer impedance of the length

of terminating cable or cables, which is exposed in the test sample. That is:

$$Z_{T_con} = Z_T - Z_{T_cable1} \times L_1 - Z_{T_cable2} \times L_2 \quad (21)$$

where

Z_{T_con} is the transfer impedance of connector under test;

Z_T is the transfer impedance of test sample;

Z_{T_cable1} is the transfer impedance of measurement cable 1;

L_1 is the length of measurement cable 1;

Z_{T_cable2} is the transfer impedance of measurement cable 2 if applicable;

L_2 is the length of measurement cable 2.

4.5.6 Test report

The test report shall record the test results in a table or as a graph, according to the relevant detail specification, showing Z_T as a function of frequency. The report shall conclude if requirements of the relevant connector specification are met.

4.5.7 Accuracy

The accuracy shall be shown to be better than $\pm 10 \text{ m}\Omega$.

4.6 Transverse Conversion Loss (TCL), Test 26f

4.6.1 Object

The object of this test is to measure the mode conversion (differential to common mode) at the near end of a signal in the conductor pairs of the CUT. This is also called unbalance attenuation or Transverse Conversion Loss, TCL.

4.6.2 Test method

The balance is evaluated by measuring the common-mode part at the near end of a differential-mode signal, which is launched in one of the conductor pairs of the CUT.

4.6.3 Test set-up

The test set-up consists of a network analyser and a balun with a differential- and common-mode test port. An illustration of the set-up, which also shows the termination principles, is shown in Figure 15.

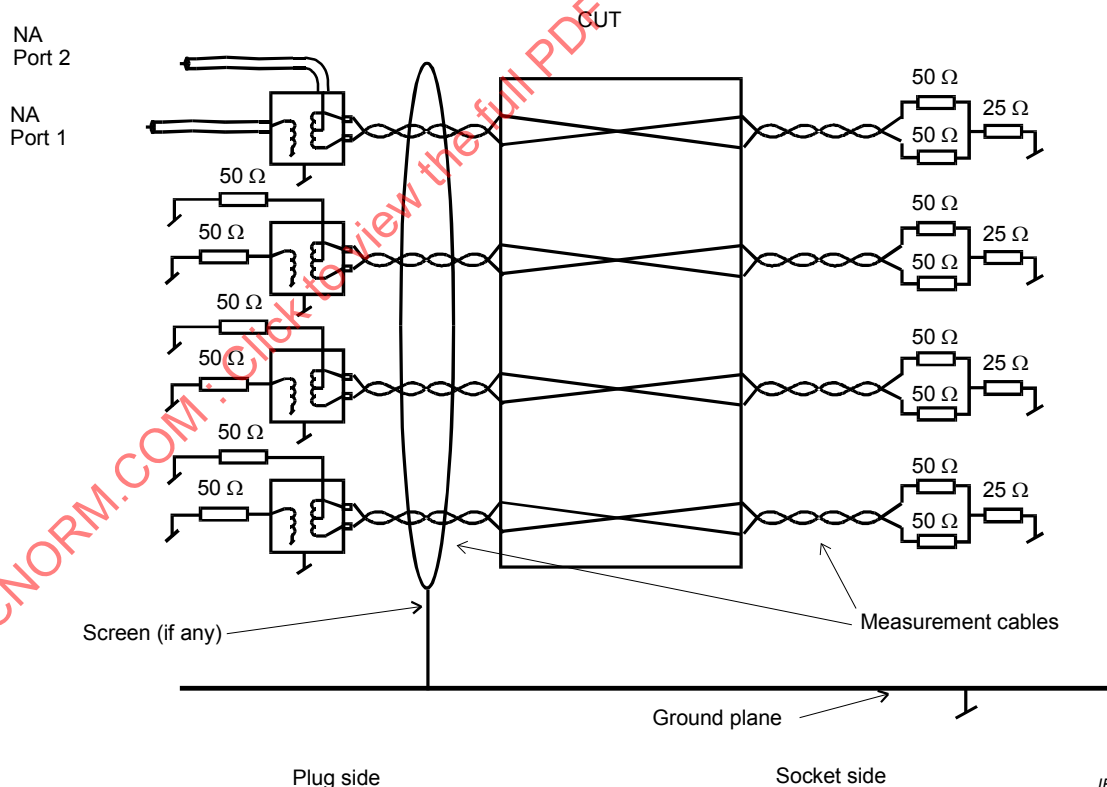


Figure 15 – TCL measurement

NOTE Passive terminations may be either balun or resistor terminations.

4.6.4 Procedure

4.6.4.1 Calibration

Calibration is performed in three steps.

- The attenuation of the coaxial test leads to the network analyser is calibrated out by performing a through calibration with these test leads connected together.
- The attenuation of differential signals of the test balun, $a_{\text{bal,DM}}$ is measured by connecting two identical baluns back to back. The insertion loss of these baluns is measured, and half of this loss is the insertion loss of the balun for a differential signal.
- The attenuation of common-mode signals of the test balun, $a_{\text{bal,CM}}$ is measured by measuring the insertion loss from the common-mode test port of the balun to the differential output terminals. The two differential output terminals shall be short-circuited and connected to the inner conductor of the coaxial test lead to the network analyser.

4.6.4.2 Noise floor

The noise floor of the set-up shall be measured. The level of the noise floor is determined by white noise, which may be reduced by increasing the test power and by reducing the bandwidth of the network analyser, and by the longitudinal balance (see Table 1) of the test balun.

The noise floor, $a_{\text{noise,m}}$ shall be measured by terminating the differential output of the balun with a 100 Ω resistor and perform a S_{21} measurement between the differential-mode and the common-mode test port of the balun. a_{noise} is calculated as

$$a_{\text{noise,m}} = -20 \log |S_{21}| \quad (22)$$

$$a_{\text{noise}} = a_{\text{noise,m}} - a_{\text{bal,DM}} - a_{\text{bal,CM}} \quad (23)$$

The noise floor shall be 20 dB lower than any specified limit for balance. If the measured value is closer to the noise floor than 10 dB, this shall be reported.

4.6.4.3 Measurement

Connect the measured pair of the CUT to the differential output of the test balun. Terminate the CUT according to 4.6.3. Perform a S_{21} measurement between the differential-mode and the common-mode test port of the balun. The balance, TCL , is calculated as

$$a_{\text{meas}} = -20 \log |S_{21}| \quad (24)$$

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

4.6.5 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.

4.6.6 Accuracy

The accuracy shall be better than ± 1 dB at the specification limit.

4.7 Transverse Conversion Transfer Loss (TCTL), Test 26g

4.7.1 Object

The object of this test is to measure the mode conversion (differential to common mode) at the far end of a signal in the conductor pairs of the CUT. This is also called Transverse Conversion Transfer Loss, TCTL.

4.7.2 Test method

The balance is evaluated by measuring the common-mode part at the far end of a differential-mode signal, which is launched in one of the conductor pairs of the CUT.

4.7.3 Test set-up

The test set-up consists of a network analyser and a balun with a differential- and common-mode test port. An illustration of the set-up, which also shows the termination principles, is shown in Figure 16.

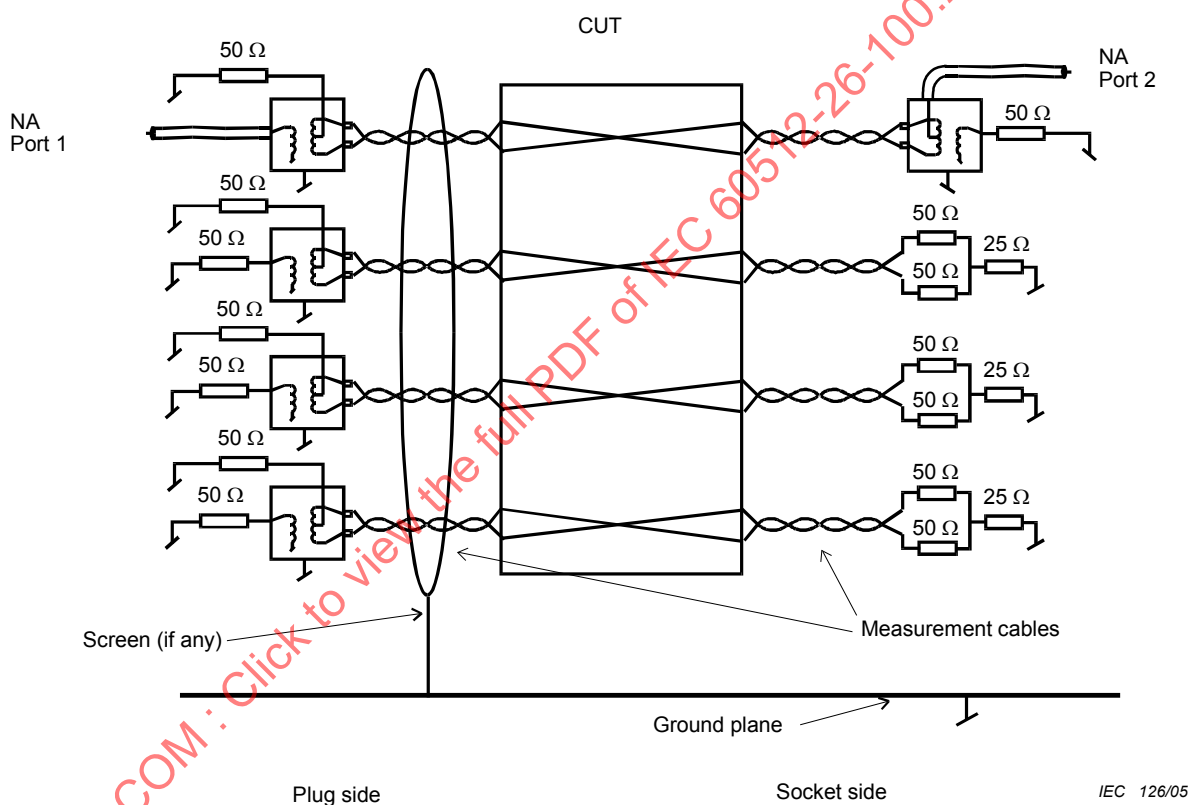


Figure 16 – TCTL measurement

NOTE Passive terminations may be either balun or resistor terminations.

4.7.4 Procedure

4.7.4.1 Calibration

Calibration is performed as for TCL-measurement (see 4.6.4.1).

4.7.4.2 Noise floor

The same requirements as described in 4.6.4.2 for TCL-measurements apply.

4.7.4.3 Measurement

Connect the measured pair of the CUT to the differential output of the test balun. Terminate the CUT according to 4.7.3. Perform a S_{21} measurement between the differential-mode and the common-mode test port of the balun. The balance, $TCTL$, is calculated as

$$a_{\text{meas}} = -20 \log |S_{21}| \quad (26)$$

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

4.7.5 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.

4.7.6 Accuracy

The accuracy shall be better than ± 1 dB at the specification limit.

5 Construction and qualification of test plugs

5.1 De-embedding near-end crosstalk (NEXT) test plug

5.1.1 Set-up and calibration of reference plug

5.1.1.1 General

Since reference-plug characterization involves 3 measurements and subtractions between the measurements, it is necessary to take all 3 measurements at the same frequencies. It is therefore suggested that for reference-plug qualification, a linear sweep of 401 points from 1 MHz to 401 MHz always be used.

5.1.1.2 Calibration

Calibrate the network analyser using a full 2-port calibration. Use open, short, and load standards directly on the balun. For the through calibration, place the baluns back to back so as to maintain polarity, with a zero-length through standard. See Figure 17. Alternatively, a non-zero length through may be used and its effects calibrated.

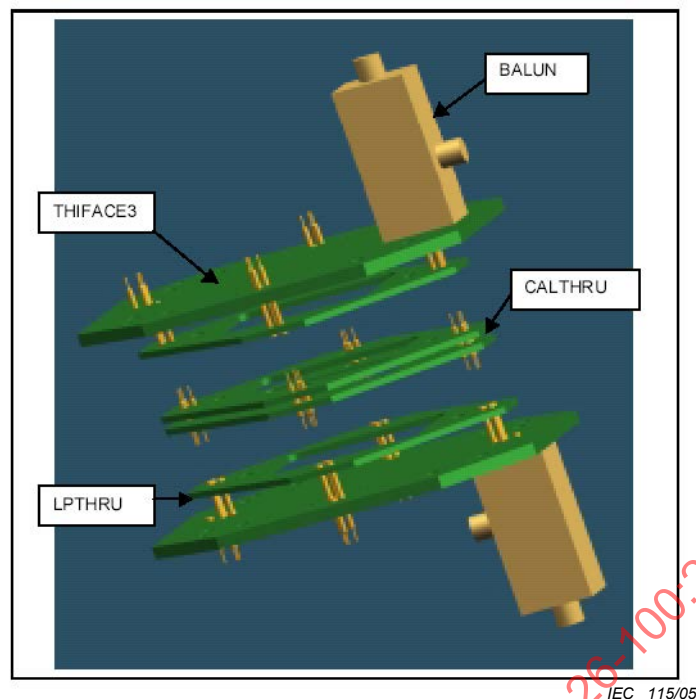


Figure 17 – Back-to-back through calibration (for more information, see Annex A)

5.1.1.3 Port extension

5.1.1.3.1 General

The port extension function of the network analyser may be used to locate the reference plane of the test plug at the interface of the test plug and reference jack. Alternatively, real and imaginary data in volts/volt may be obtained from the network analyser, and the reference plane may be moved in post-processing using a spreadsheet.

The time constant for the port extension shall be determined in the following manner:

A full 1-port calibration shall be performed to establish a reference plane location at the balun port. The settings of the network analyser shall be sufficient to achieve a maximum of ± 5 ps of random variation. The recommended settings are as follows.

- Measurement function is S_{11} delay.
- Averaging $4\times$ or higher.
- Intermediate frequency bandwidth (IFBW) 300 Hz or less.
- Set smoothing to 10 %.

5.1.1.3.2 Port extension measurements

- With the test plug connected to the test baluns, measure the S_{11} time delay determined with an open circuit at the plug ends at 50 MHz (TD_{open_50MHz}) and 100 MHz (TD_{open_100MHz}) for each pair.
- Place a short on the plug. This short shall connect the pins of the pair under test at the tip of the plug. Measure the S_{11} delay for each pair at 50 MHz (TD_{short_50MHz}) and 100 MHz (TD_{short_100MHz}) sequentially shorted in this manner.

- c) Construct a spare plug. Measure the delay of this spare plug mated to the shorting jack. Then, solder across the blades of the spare plug and measure its shorted S_{11} delay. Calculate the delay of the shorting jack as the difference between these delays, with an allowance of 5 ps for the delay in the solder on adjacent pairs, and 15 ps on the split pair 3,6. Adjust the measured delays of the test plug shorted by subtracting the delay of the shorting jack.
- d) The time delay for each wire pair is determined by the average of the open- and short-circuit time-delay measurements at 50 MHz and 100 MHz (4 numbers averaged).

These time-delay measurements represent round-trip time delays. The one-way time delay is one half of the round trip S_{11} delay. For the purpose of NEXT loss measurements for each pair, the one-way time delays of the wire pairs involved in the measurement shall be used to set the port extension amount for each port as calculated in equation (28).

$$PortExtension = \frac{TD_{open_50MHz} + TD_{open_100MHz} + TD_{short_50MHz} + TD_{short_100MHz}}{8} \quad (28)$$

NOTE 1 The time-delay measurements are dependent on proximity to ground planes. Then positioning of the wire pairs should remain as constant as possible during all measurements.

NOTE 2 The measurement accuracy of this method is approximately 20 ps in a round-trip measurement, corresponding to a one-way distance of approximately 2 mm.

When the test plug NEXT loss is measured, the appropriate port extensions shall be applied after calibration to align the test plug mated to reference jack data and the reference plane of the jack vector in Table 4. This may be done by the following:

- i) Turn the port extensions of the network analyser on.
- ii) Enter the calculated port extension constant for each port (1 and 2) of the network.

5.1.2 Test plug construction

Test plugs may be cut from the ends of patch cords, or made in any convenient way. Trim the test plug leads so that the test plug will fit on the impedance management fixture.

5.1.3 Test plug NEXT measurement

When NEXT measurements are made, the test leads shall be mounted in a pyramid, channel, or other device to manage both their common and differential mode impedance, see Annex A for an example test fixture.

To determine the port extension constants, measure the delay of the test plug on each pair as described in 5.1.1.3.

Using the procedures described in 4.3, measure the NEXT of the test plug mated to the de-embedding reference jack according to Clause 6 on all 6 pair combinations. It is suggested that numerical conversions between real and imaginary and magnitude and phase be minimized, or avoided entirely, by taking data as real and imaginary.

Use the values given in Tables 4 and 5 for the jack vector.

Table 4 – De-embedded NEXT real and imaginary reference jack vectors

Pair	Re_J – Real coefficient of reference jack vector (V/V)
	(f = frequency in MHz)
3,6 – 4,5	$= 5,87 \times 10^{-11} \times f^3 + 2,02 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,10 \times 10^{-6} \times f$
1,2 – 3,6	$= -1,72 \times 10^{-11} \times f^3 + 3,81 \times 10^{-8} \times f^2 - 3,89 \times 10^{-7} \times f$
3,6 – 7,8	$= 1,28 \times 10^{-13} \times f^4 - 2,63 \times 10^{-11} \times f^3 + 5,63 \times 10^{-8} \times f^2 - 3,62 \times 10^{-7} \times f$
1,2 – 4,5	$= 8,73 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,07 \times 10^{-7} \times f$
4,5 – 7,8	$= 2,03 \times 10^{-11} \times f^3 + 5,08 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,25 \times 10^{-7} \times f$
1,2 – 7,8	$= -2,51 \times 10^{-11} \times f^3 + 2,34 \times 10^{-8} \times f^2 - 2,23 \times 10^{-7} \times f$
	Im_J – Imaginary coefficient of reference jack vector (V/V)
	(f = frequency in MHz)
3,6 – 4,5	$= 3,09 \times 10^{-11} \times f^3 + 1,77 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,47 \times 10^{-6} \times f$
1,2 – 3,6	$= -1,09 \times 10^{-8} \times f^2 + 5,08 \times 10^{-6} \times f$
3,6 – 7,8	$= -1,86 \times 10^{-13} \times f^4 + 9,18 \times 10^{-11} \times f^3 - 9,32 \times 10^{-9} \times f^2 + 2,74 \times 10^{-5} \times f$
1,2 – 4,5	$= -2,68 \times 10^{-11} \times f^3 - 1,20 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,82 \times 10^{-5} \times f$
4,5 – 7,8	$= -1,67 \times 10^{-13} \times f^4 + 8,58 \times 10^{-11} \times f^3 - 2,25 \times 10^{-8} \times f^2 + 4,96 \times 10^{-5} \times f$
1,2 – 7,8	$= 6,01 \times 10^{-14} \times f^4 - 4,58 \times 10^{-11} \times f^3 + 3,32 \times 10^{-10} \times f^2 + 9,12 \times 10^{-6} \times f$
NOTE The reference jack vector coefficients in Table 4 were derived from average measurements collected using a 4-balun test fixture set-up, incorporating impedance matching for the test leads, with common-mode terminations applied to all near-end pairs only, using the jack described in 6.2.1.	

Table 5 – Differential mode reference jack vectors

Pair	<i>Re_J</i> – Real coefficient of reference jack vector (V/V)
	(<i>f</i> = frequency in MHz)
3,6–4,5	$= -2,52 \times 10^{-13} \times f^4 + 1,52 \times 10^{-10} \times f^3 - 9,48 \times 10^{-9} \times f^2 + 3,84 \times 10^{-7} \times f$
1,2–3,6	$= 6,88 \times 10^{-13} \times f^4 - 3,41 \times 10^{-10} \times f^3 + 1,09 \times 10^{-7} \times f^2 - 3,43 \times 10^{-6} \times f$
3,6–7,8	$= 3,07 \times 10^{-11} \times f^3 + 7,16 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,46 \times 10^{-6} \times f$
1,2–4,5	$= 1,84 \times 10^{-11} \times f^3 + 6,96 \times 10^{-8} \times f^2 + 1,09 \times 10^{-6} \times f$
4,5–7,8	$= 5,45 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,57 \times 10^{-7} \times f$
1,2–7,8	$= -1,93 \times 10^{-13} \times f^4 + 8,13 \times 10^{-11} \times f^3 - 2,17 \times 10^{-10} \times f^2 + 5,22 \times 10^{-7} \times f$
	<i>Im_J</i> – Imaginary coefficient of reference jack vector (V/V)
	(<i>f</i> = frequency in MHz)
3,6–4,5	$= 8,05 \times 10^{-11} \times f^3 - 7,82 \times 10^{-10} \times f^2 - 3,39 \times 10^{-6} \times f$
1,2–3,6	$= -1,09 \times 10^{-10} \times f^3 + 2,50 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,70 \times 10^{-6} \times f$
3,6–7,8	$= -1,11 \times 10^{-10} \times f^3 + 2,9 \times 10^{-8} \times f^2 + 2,9 \times 10^{-5} \times f$
1,2–4,5	$= -1,11 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,62 \times 10^{-5} \times f$
4,5–7,8	$= -2,32 \times 10^{-13} \times f^4 + 1,2 \times 10^{-10} \times f^3 - 3,05 \times 10^{-8} \times f^2 + 4,98 \times 10^{-5} \times f$
1,2–7,8	$= 3,61 \times 10^{-13} \times f^4 - 1,62 \times 10^{-10} \times f^3 + 1,45 \times 10^{-8} \times f^2 + 7,68 \times 10^{-6} \times f$
NOTE The reference jack vector coefficients in Table 5 were derived from average measurements collected using a 4 balun test fixture set, using the jack described in 6.2.1.	

The test plug NEXT is the difference between the test plug measurement and the jack vector.

5.1.4 Test plug NEXT requirements

For connectors specified up to 100 MHz according to IEC 60603-7-2 or IEC 60603-7-3, Table 6 applies.

Table 6 – Test plug NEXT loss limits for connectors specified up to 100 MHz according to IEC 60603-7-2 or IEC 60603-7-3

Case #	Pair combination	Limit	NEXT loss magnitude limit (dB) a),d),e)	NEXT loss phase limit (degrees) b),c)
Case 1	3,6-4,5	Low	$\leq 34,4 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 3 \times (f/100)$
Case 2	3,6-4,5	High	$\geq 37,6 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 3 \times (f/100)$
Case 3	1,2-3,6	Low	$\leq 42 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Case 4	1,2-3,6	High	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Case 5	3,6-7,8	Low	$\leq 42 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Case 6	3,6-7,8	High	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Case 7	1,2-4,5	High	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Any phase
Case 8	4,5-7,8	High	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Any phase
Case 9	1,2-7,8	High	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Any phase
a) Magnitude limits apply over the frequency range from 10 MHz to 100 MHz. b) Phase limits apply over the frequency range from 50 MHz to 100 MHz. c) When the measured plug NEXT loss is greater than 70 dB, the phase limit does not apply. d) When a low-limit NEXT loss calculation results in a value greater than 70 dB, there shall be no low limit for NEXT loss. e) When a high-limit NEXT loss calculation results in a value greater than 70 dB, the high limit NEXT shall revert to a limit of 70 dB.				

For connectors specified up to 250 MHz according to IEC 60603-7-4 or IEC 60603-7-5, Table 7 applies.

Table 7 – Test plug NEXT loss limits for connectors specified up to 250 MHz according to IEC 60603-7-4 or IEC 60603-7-5

Case #	Pair combination	Limit	NEXT loss magnitude limit (dB) a), d), e)	NEXT loss phase limit (degrees) b), c)
Case 1	3,6-4,5	Low	$\leq 36,4 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm f/100$
Case 2	3,6-4,5	Central	$(37,0 \pm 0,2) - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm f/100$
Case 3	3,6-4,5	High	$\geq 37,6 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm f/100$
Case 4	1,2-3,6	Low	$\leq 46,5 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm 3f/100$
Case 5	1,2-3,6	High	$\geq 49,5 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm 3f/100$
Case 6	3,6-7,8	Low	$\leq 46,5 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm 3f/100$
Case 7	3,6-7,8	High	$\geq 49,5 - 20\log(f/100)$	$-90 + 1,5 f/100 \pm 3f/100$
Case 8	1,2-4,5	Low	$\leq 57 - 20\log(f/100)$	$90 \pm (30f/100)$
Case 9	1,2-4,5	High	$\geq 70 - 20\log(f/100)$	Any phase
Case 10	4,5-7,8	Low	$\leq 57 - 20\log(f/100)$	$90 \pm (30f/100)$
Case 11	4,5-7,8	High	$\geq 70 - 20\log(f/100)$	Any phase
Case 12	1,2-7,8	Low	$\leq 60 - 20\log(f/100)$	Any phase
a) Magnitude limits apply over the frequency range from 10 MHz to 250 MHz. b) Phase limits apply over the frequency range from 50 MHz to 250 MHz. c) When the measured plug NEXT loss is greater than 70 dB, the phase limit does not apply. d) When a low-limit NEXT loss calculation results in a value greater than 70 dB, there shall be no low limit for NEXT loss. e) When a high-limit NEXT loss calculation results in a value greater than 70 dB, the high limit NEXT shall revert to a limit of 70 dB.				

A number of test plugs shall be measured with the de-embedding reference jack, until a complete set of test plugs, which includes the 9 worst cases from Table 6 respectively the 12 worst cases from Table 7, is found. There are 3 worst cases for pair combination 3,6-4,5, 1 for 1,2-7,8, and 2 for each of the other pair combinations. Each worst-case plug shall perform as specified in Table 6 respectively Table 7. It is recommended that the slope deviation be minimized, and the number of dBs outside the ranges specified in Table 6 respectively Table 7 be minimized.

It is recommended that plugs which exhibit worst-case performance on one-pair combination be between the cases for the other pair combinations. However, it will not be required to have 12 plugs if more than one worst-case condition is covered by a particular plug.

NOTE Slope variances from 20 dB/decade may be due to measurement anomalies. The pair combination 1,2-7,8 does not tend to follow 20 dB/decade slope. From 10 MHz to 250 MHz, no test plug shall be below the lower limit at one frequency point and above the upper limit at another frequency point.

5.1.5 Test plug balance

5.1.5.1 Test plug differential and differential plus common-mode consistency measurement

De-embedded NEXT loss performance for all 6 pair combinations of the test plug is measured with both differential mode only terminations and differential plus common-mode terminations. Differential mode only terminations shall be made with balun terminations on the pairs at the near end.

5.1.5.2 Differential to differential plus common-mode consistency calculation

The differential to differential plus common mode consistency of the test plug is calculated using equations 29 through 35 and the differential mode jack vector in Table 5.

$$RE_{cm} = RE_{tpcm} - RE_{jvcm} \quad (29)$$

$$IM_{cm} = IM_{tpcm} - IM_{jvcm} \quad (30)$$

$$RE_{dm} = RE_{tpdm} - RE_{jvdm} \quad (31)$$

$$IM_{dm} = IM_{tpdm} - IM_{jvdm} \quad (32)$$

$$RE_{cm_dm} = RE_{cm} - RE_{dm} \quad (33)$$

$$IM_{cm_dm} = IM_{cm} - IM_{dm} \quad (34)$$

$$MAG_{cm_dm} = 20 \log \sqrt{(RE_{cm_dm})^2 + (IM_{cm_dm})^2} \quad (35)$$

where

cm is the common mode;

dm is the differential mode;

tp is the test plug measurement;

jv is the jack vector;

cm_dm is common to differential mode consistency values;

MAG_{cm_dm} is the differential to differential plus common-mode NEXT loss consistency.

5.1.5.3 Test-plug balance requirements

For increased consistency between laboratories, the difference between the measured test plug de-embedding NEXT loss using differential mode terminations and the measured test plug de-embedding NEXT loss using differential with common-mode terminations shall fall within the ranges shown in Table 8 for each of the 6 pair combinations. Test-plug differential and differential with common-mode NEXT loss consistency shall be measured in accordance with 5.1.1.3.1 and 5.1.1.3.2.

Table 8 – Test-plug differential and differential with common-mode consistency

Pair combination	Frequency range MHz	Test plug limit MAG_{cm_dm} dB
3,6-4,5	10 to 250	$\geq 65 - 20\log(f / 100)$
1,2-3,6	10 to 250	$\geq 65 - 20\log(f / 100)$
3,6-7,8	10 to 250	$\geq 65 - 20\log(f / 100)$
1,2-4,5	10 to 250	$\geq 70 - 20\log(f / 100)$
4,5-7,8	10 to 250	$\geq 70 - 20\log(f / 100)$
1,2-7,8	10 to 250	No requirement

5.2 Far-end crosstalk (FEXT) test plug

5.2.1 General

There are 2 FEXT loss measurement procedures for 100 Ω modular test plugs. The de-embedding method is described in 5.2.2 together with 6.3, and the direct method is described in 5.2.3.

5.2.2 Test plug FEXT measurement – de-embedding method

Test plug FEXT measurements shall be collected using the same method as test plug NEXT measurement. The test plug FEXT shall be measured with the de-embedding reference jack according to 6.3. The de-embedding reference jack vector shall be determined per 6.3.3.

5.2.3 Test plug FEXT measurement – direct method

Test head construction as detailed in Clause A.4 may be used.

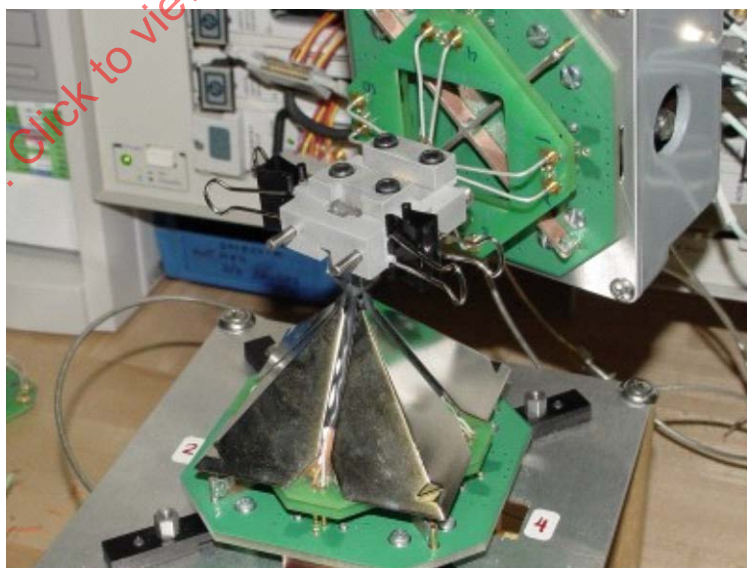
5.2.3.1 Port-extension procedure

The following procedure is recommended for measuring the delay of each pair of the DUT for port extensions.

- 1) Measure the S_{11} open and short delay (round-trip delay) of each pair of the FEXT coaxial termination reference test head. Calculate the average of these 2 measurements for each pair. Divide the result by 2 (one-way delay).
- 2) Mate the test plug to the coaxial termination reference test head from step 1. Measure the through delay of each pair (S_{12}), and record the result.
- 3) Calculate the delay of each pair of the test plug as the difference between the one-way delay calculated in step 1 and the through delay measured in step 2.
- 4) Determine the average time delay determined in steps 1 and 3 from 50 MHz through 100 MHz.
- 5) The port extensions for each port are the values calculated in step 4.
- 6) When these port-extension values are applied to each port (for each pair), the reference planes of measurement will be aligned to the contact point at the nose of the plug.

5.2.3.2 Procedure for terminating a test plug to direct fixture

The mated test plug and direct fixture are inserted in a test fixture consisting of 4 baluns that are mounted on a ground plane. An example of a test set-up with a network analyser is illustrated in Figure 18.



IEC 116/05

Figure 18 – Mated test plug/direct fixture test configuration

5.2.3.3 Direct fixture qualification

When used to measure the FEXT loss on all 6 pair combinations for the same test plug, the variation in FEXT loss between measurements using different fixtures should be greater than $70 - 20\log(f/100)$ dB (limited by the noise floor of the network analyser test set-up) over the specified frequency range.

5.2.4 FEXT test plug requirements

The test plug FEXT shall comply with the requirements according Table 9.

Table 9 – Test plug FEXT requirements – De-embedding method

Pair combination	Frequency range MHz	Total range		Phase a), b) degrees
		Lower limit NEXT d) dB	Upper limit NEXT c) dB	
3,6-4,5	10 to 250	$\geq 46 - 20\log(f/100)$	$\leq 56 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm (30(f/100))$
1,2-3,6	10 to 250	$\geq 46 - 20\log(f/100)$	$\leq 56 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm (30(f/100))$
3,6-7,8	10 to 250	$\geq 46 - 20\log(f/100)$	$\leq 56 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm (30(f/100))$
1,2-4,5	10 to 250	$\geq 55 - 20\log(f/100)$		Any phase
4,5-7,8	10 to 250	$\geq 55 - 20\log(f/100)$		Any phase
1,2-7,8	10 to 250	$\geq 55 - 20\log(f/100)$		Any phase
a) When the measured plug upper or lower FEXT limit is greater than 70 dB, the phase requirement does not apply. b) Due to measurement accuracy considerations, phase-measurement requirements below 50 MHz are specified for information only. c) When upper-limit FEXT calculations result in values greater than 70 dB, there shall be no upper limit for FEXT. d) When lower-limit FEXT calculations result in values greater than 70 dB, the lower limit FEXT shall revert to a limit of 70 dB.				

5.3 Return loss test plug

For the return loss test plug (measurements detailed in 4.2 – Test 26b) the reference plug as described in 6.1.2 shall be used.

6 Reference plug and jack construction and measurement – the basics of the de-embedding test method

6.1 De-embedding near-end crosstalk (NEXT) reference plug and jack

6.1.1 Reference plug construction

Start with a cable appropriate to the desired frequency range or better. Take a pair from a cable that exhibits a return loss in excess of 35 dB from 1 MHz to 250 MHz. This value shall be measured on a cable with a length of approximately 150 mm. The return loss of the wire pair shall be verified under conditions of actual use. Cut four lengths of approximately 81 mm. Use of wire lengths of 81 mm will result in a plug length of approximately 75 mm, including the test leads. If the commonly available impedance management fixture is used, this will allow a small length of wire to be trimmed off to fit the plug on the fixture.

NOTE The port extension constants may be estimated by measuring the through delay of a 150 mm jumper; however, the data will have to be phase-corrected later, as specified in 5.1.1.3.

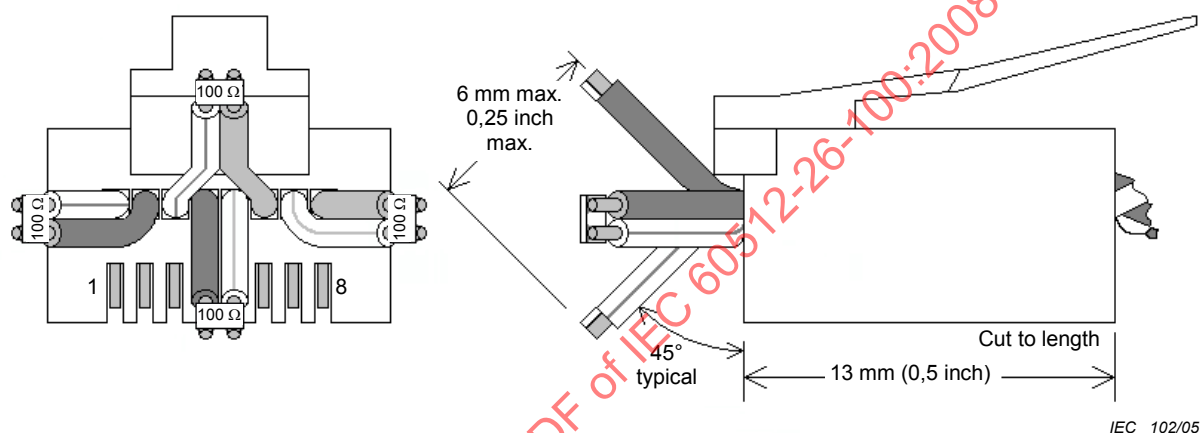
Take a standard plug body that conforms to the dimensional requirements of IEC 60603-7 in which the 8 conductors are parallel and at the same height. Machine off the back end, where

the strain relief is, so that the plug is 13 mm long from the nose where the contacts are to its back. Drill 8 conductor paths through the nose, so that the individual wires can be extended through the nose.

Untwist about 19 mm of one end of the four 81 mm long twisted pair wires. Strip off 1 mm to 2 mm of insulation from the untwisted end, so that 0603 package size resistors can be soldered there later. Place them in the plug, extending 6 mm beyond. The 3,6 pair will have to be split apart, but bend it back together as soon as practical after it exits from the nose. On the back end, insert pair 3,6 toward the locking tab from pair 4,5; later, we will bend it toward the locking tab and pair 4,5 away from the locking tab.

Set the plug blades into the wires.

Arrange the conductors according to Figure 19.



The insulation of the twisted pairs touch one another throughout their length.

Pair 3,6 is bent together as quickly as possible after it exits the plug nose.

Conductors 2 and 7 are bent away from conductors 3 and 6, respectively. This maximizes the distance and minimizes the coupling between loops 3,6 and 1,2, and 3,6 and 7,8.

The wires are bent at an angle of 45° to the plug axis. This makes all the loops orthogonal and minimizes their coupling.

Conductors 3 and 6 are bent toward the locking tab, and conductors 4 and 5 are bent toward the blades.

Solder 0603 package size precision $100\ \Omega \pm 0,1\ \%$ resistors to the wire tips as shown. The return loss of the resistor shall be $>40\ \text{dB}$ from 1 MHz to 250 MHz. By using resistors as small as 0603, it will be unnecessary to spread the conductors of the twisted pairs apart.

Where the twisted pairs exit from the back of the plug body, bend them at an angle of 45°, or any convenient angle, away from the plug axis. Bend pair 3,6 toward the plug tab, and pair 4,5 away from the plug tab. Stabilize the back of the plug with encapsulate.

Figure 19 – De-embedding reference plug

Trim the test plug leads so that the test plug fits on the impedance management fixture. See also Annex A for an example test fixture.

6.1.2 Return loss reference plug

Build a reference plug according to 6.1.1. Measure its return loss according to 4.2, Test 26b. Its return loss shall meet the requirements of Table 10.

Table 10 – Return loss requirements for return loss reference plug

Pair combination	Frequency range MHz	Return loss requirement dB
1,2, 4,5, and 7,8	1 to 100	≥ 35
1,2, 4,5, and 7,8	100 to 250	$\geq 75 - 20\log(f)$
3,6	1 to 100	≥ 30
3,6	100	$30 \leq \text{return loss} \leq 32$
3,6	100 to 250	$\geq 70 - 20\log(f)$

6.1.3 Set-up and calibration of reference plug

Since reference-plug characterization involves 3 measurements and subtractions between the measurements, it is necessary to take all 3 measurements at the same frequencies. It is therefore suggested that for reference-plug qualification, a linear sweep of 401 points from 1 MHz to 401 MHz always be used.

Calibrate the network analyser using a full 2-port calibration. Use open, short, and load standards directly on the balun. For the through calibration, place the baluns back to back so as to maintain polarity, with a zero-length through standard. See also Figure 17. Alternatively, a non-zero length through may be used and its effects calibrated.

6.1.4 De-embedding reference plug NEXT measurement

Measure the NEXT of the de-embedding reference plug on all 6 pair combinations. It is suggested that numerical conversions between real and imaginary and magnitude and phase be minimized, or avoided entirely, by taking data as real and imaginary.

Cut off the resistors and the wires coming from the nose to the resistors.

6.1.5 Delay adjustment in lieu of port extension

In the case of the reference plug, the port extensions cannot be determined during calibration, since there is no way to have the reference plug terminated open and short when the resistors are on it. Therefore, the suggested procedure cannot be used, and an alternate procedure, such as determining the plug delay after the fact and using a spreadsheet to adjust the phase of the data, must be used. Determine the delay per 5.1.1.3.

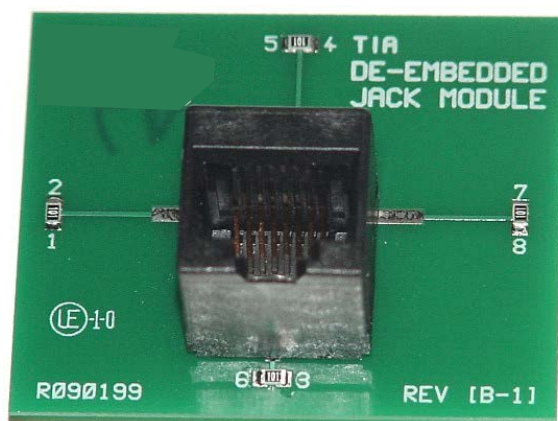
6.2 De-embedding near-end crosstalk (NEXT) reference jack

6.2.1 Reference jack construction

6.2.1.1 General

Make a de-embedding reference jack as follows (see Figure 20).

Start with Stewart part number SS-650810-A or equivalent inverse mounted PWB jack. Mount it on a PWB with 100 Ω traces leading to mounting places for resistors. Mount precision RF surface mount 100 $\Omega \pm 0,1$ % resistors on the jack PWB. Equivalent parts to the referenced jack may be used if the lab can demonstrate that they can achieve equivalent results. Trim the jack wire leads that protrude through the PWB to the top of the solder. The top of the solder shall not be more than 1,0 mm above the PWB.



IEC 1140/08

Figure 20 – De-embedding reference jack

6.2.1.2 De-embedding reference NEXT jack selection

The procedure described in this subclause defines a figure of merit for the consistency of the reference jack. The reference jack used to measure test plugs shall be within the best 25 % of at least 20 reference jacks measured on all pair combinations.

This will minimize the measurement variance due to the variance within this lot of jacks.

The de-embedding procedures specified in 6.1.1 to 6.1.2 should be used to measure the reference jacks. The performance of a particular laboratory de-embedded reference jack shall be verified by determining the mated NEXT loss vector of multiple jack samples using one reference plug. A reference jack sample size of at least 20 pieces shall be measured.

The figure of merit shall be determined as follows:

- a) Build a reference plug according to the instructions of 6.1.1.
- b) For each pair combination, do the following:
 - Measure real and imaginary NEXT of the mated reference plug and reference jack between 10 MHz and 250 MHz.
 - Calculate the average of the mated reference plug and reference jack (RPRJ) real and imaginary parts for each frequency point.
 - Discard all real data points for all of the jacks where the average real RPRJ is less than 316 $\mu\text{V/V}$.
 - Discard all imaginary data points for all of the jacks where the average imaginary RPRJ is less than 316 $\mu\text{V/V}$.
 - Calculate the difference between each RPRJ and the average RPRJ. The real and imaginary differences shall be calculated separately.
 - Normalize the difference data by dividing each point by the frequency of measurement.
 - Square the normalized data. Square the real and imaginary data separately.
 - Sum all squared data over the frequency range.
- c) Compile the results for all pair combinations. Sum the data for all pair combinations for each sample. This will yield a single number as a figure of merit for each reference jack.

The selected reference jacks shall be in the lowest 25 % of the sample set. The remaining jacks shall be discarded.

NOTE Whenever the magnitude of the NEXT is greater than 70 dB, the standard deviation should not be used to disqualify the reference jack.

6.2.2 De-embedding reference jack NEXT measurement

Use the same calibration, port extension, and impedance management as in reference plug measurement.

Measure the NEXT of the de-embedding reference plug and de-embedding reference jack mated together on all 6 pair combinations.

The jack vector is the difference between the de-embedding reference plug and de-embedding reference jack measurements.

For the measurement of test plug NEXT, use the values given in Table 4 for the jack vector.

6.2.3 Differential mode jack vector

The differential mode jack vectors specified in Table 5 shall be used to describe the reference jack when terminating with differential mode only terminations.

6.3 Determining reference jack FEXT vector

6.3.1 FEXT reference plug details

6.3.1.1 De-embedding reference FEXT plug test-leads construction

De-embedded reference FEXT plugs shall be constructed from solid twisted-pair conductors from a cable complying with IEC 61156-2, class D. All twisted-pairs shall be of the same colour, design, and twist rate. Caution shall be used to minimize air gaps between the conductors of the pair. These twisted pair lengths shall have return loss in excess of 35 dB from 1 MHz to 250 MHz when measured using a terminating reference 100 Ω load as specified in IEC 61156-1.

The de-embedded reference FEXT plug is shown in Figure 21.

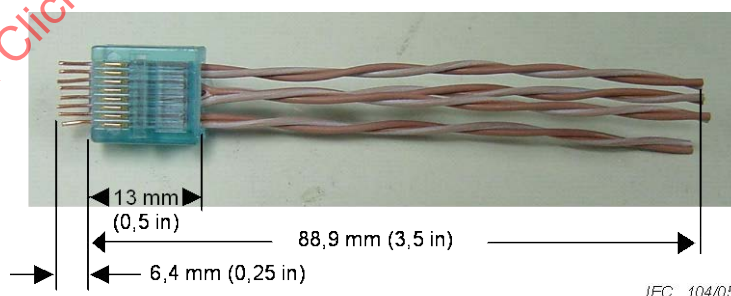


Figure 21 – De-embedding reference FEXT plug without sockets

To construct the reference FEXT plug, take a standard plug body that conforms to the dimensional requirements of IEC 60603-7 in which the 8 conductors are parallel for 13,0 mm and at the same height. Mill off the back end, where the strain relief is, so that the plug is 13,0 mm long from the plug nose where the contacts are to the back of the plug. Using a 1,0 mm diameter drill, drill 8 conductor paths through the nose, so that the individual wires can be extended through the nose. Untwist 19,4 mm of one end of four 88,9 mm long twisted-pair wires. Strip off 6,4 mm of insulation from the untwisted end and place the leads in the

plug. They shall be inserted far enough so that 6,4 mm extends from the nose of the plug. All of the insulation on all 8 wires extending from the nose of the plug shall be removed. All of the twisted-pair lead length coming out of the back of the plug shall remain twisted. The pair terminated on pins 3,6 will have to be split apart, but the pair should be bent together as soon as practical after it exits from the back of the plug. On the back end of the plug, insert the pair terminated on pins 3,6 toward the locking tab and the pair terminated on pins 4,5 away from the locking tab.

Set the plug blades into the wires. Verify continuity.

Remove some insulation from the ends of the 4 twisted-pair test leads so that the total length from the nose of the plug to the end of the insulation, as shown in Figure 22, is 76,2 mm. Install sockets at 2,5 mm centres to the ends of the twisted-pair test leads as shown in Figure 21 and trim the excess bare conductors so that the overall length of the twisted-pair test leads measured from the nose of the plug to the top of the socket pin is 76,2 mm.

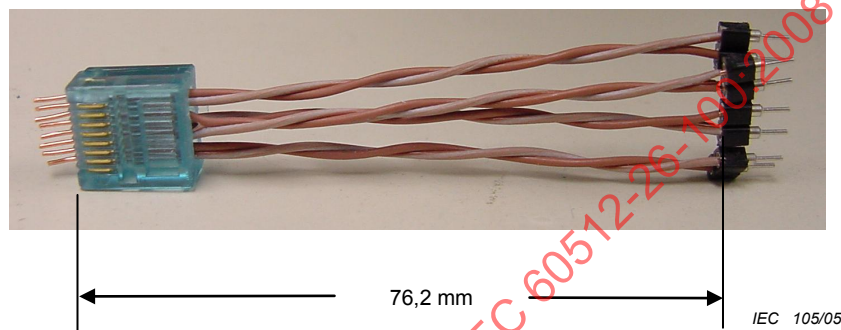


Figure 22 – De-embedding reference FEXT plug with sockets

6.3.1.2 De-embedding reference FEXT plug mated to PWB

Carefully solder the twisted-pair conductors extending from the nose of the reference FEXT plug onto a Stewart Connector part number R022299, Rev. B PWB with 100 Ω controlled impedance traces. This information is given for the convenience of the users of this International Standard and does not constitute an endorsement by the IEC. Alternative parts may be used as long as the resulting test set-up meets the appropriate requirements. Exercise caution not to bridge solder between the PWB solder pads. Keep the solder joints small and uniform as shown in Figure 23. Cut the excess twisted-pair lead length off as close to the PWB as possible.

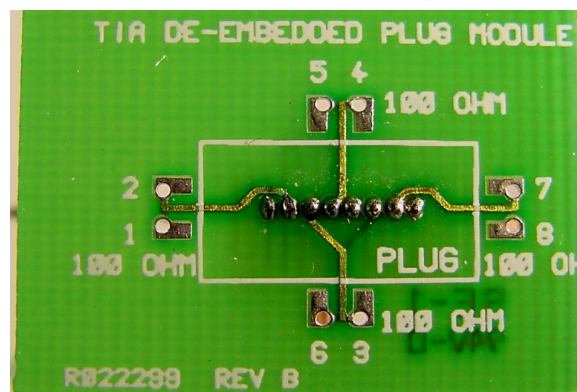
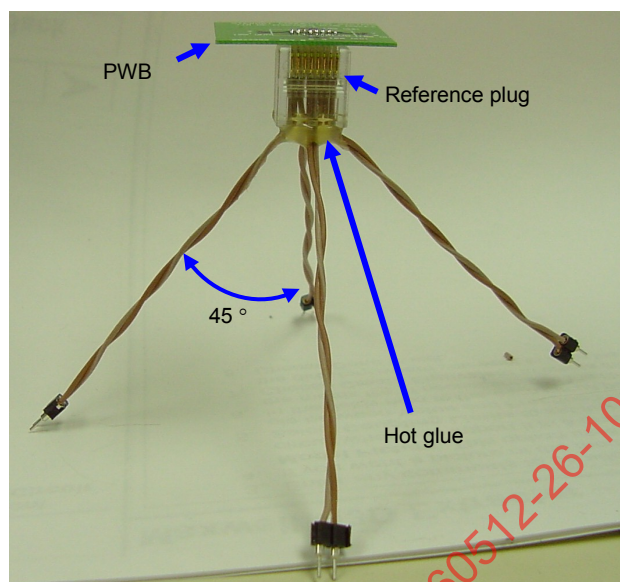


Figure 23 – Reference FEXT plug mated to PWB

6.3.1.3 De-embedding reference FEXT plug test-lead orientation

Position the twisted-pair test leads pairs apart as they exit from the plug body at an angle of 45° as shown in Figure 24. Pair 3,6 should be bent towards the plug tab, and pair 4,5 should be bent towards the plug blades. Apply a small amount of hot glue to the back end of the plug to secure the twisted-pair test leads in place.

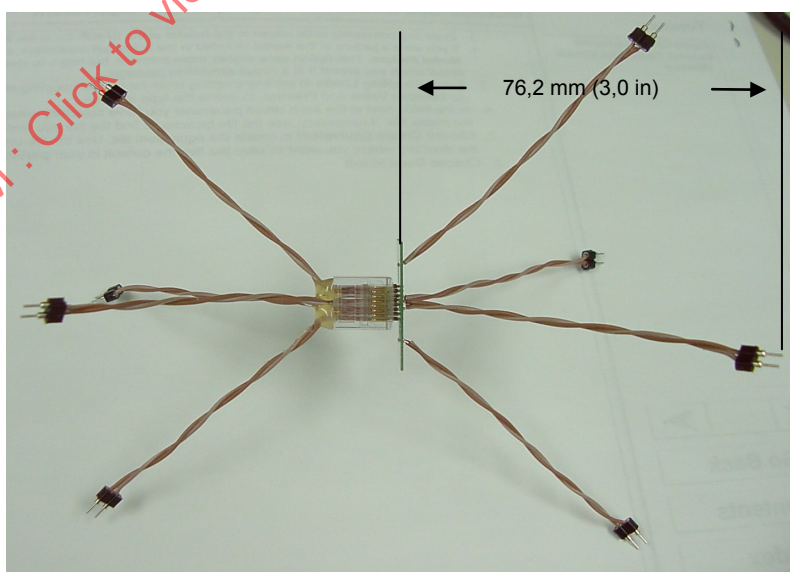


IEC 107/05

Figure 24 – Reference FEXT plug-test lead position

6.3.1.4 FEXT reference plug assembly

Solder four 76,2 mm twisted-pair conductors to the top of the reference FEXT plug assembly as shown in Figure 25. Install 2,5 mm spaced SIP IC sockets to the ends of the twisted-pair test leads. To maintain consistent measurement planes, the type of SIP IC sockets used on the devices under test shall be the same as the calibration standards.



IEC 108/05

Figure 25 – Reference FEXT plug assembly

6.3.1.5 FEXT reference plug measurement

Measure the FEXT loss of the test plug on all 12 pair combinations as described below.

6.3.1.5.1 FEXT reference plug measurement set-up

Common mode with differential mode terminations shall be applied to all pairs on both ends of the reference plug assembly. Y-resistor terminations shall be applied to all unused pairs. Test baluns at both the near end and the far end shall be bonded to a continuous ground plane.

6.3.1.5.2 FEXT reference plug measurement calibration

Test equipment shall be calibrated using a full 2-port calibration. The through calibration reference shall be a zero-length through.

6.3.1.5.3 FEXT reference plug data

Data shall be collected using a linear sweep with measurement points at 1 MHz interval from 1 MHz to 250 MHz. Measure the real and imaginary FEXT loss vector of the de-embedding reference plug assembly for all 12 pair combinations.

6.3.1.5.4 FEXT reference plug port extension correction

After the FEXT reference plug is measured, correct the phase of the data by the following port extension procedure.

Carefully cut the PWB away from the nose of the FEXT reference plug.

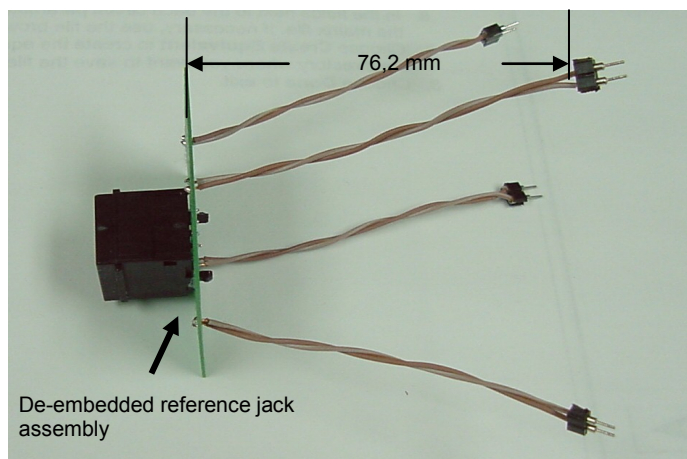
Measure the delay of the FEXT reference plug in the same manner as the NEXT reference plug according to 5.1.1.3. The delay of the PWB assembly comprising the far-end connectorization of the FEXT reference plug will be measured in a similar manner. First, measure the open S_{11} delay on all pairs, at 50 MHz and 100 MHz, with the same network analyser settings as in 5.1.1.3. Then, short all pairs together with a solder bridge or wire, and measure the shorted S_{11} delay again. The delay for each pair will be

$$PortExtension = \frac{TD_{open_50\text{ MHz}} + TD_{open_100\text{ MHz}} + TD_{short_50\text{ MHz}} + TD_{short_100\text{ MHz}}}{8} \quad (37)$$

Apply these port extensions to the data from the FEXT reference plug to correct its phase.

6.3.2 FEXT reference jack assembly

Solder four 76,2 mm twisted-pair test leads to the back of the de-embedded reference jack/PWB assembly specified in 3.3 as shown in Figure 26. Install 2,5 mm spaced SIP IC sockets to the ends of the twisted-pair test leads. Trim the jack wire leads that project through the PWB to the top of the solder. The top of the solder shall not be more than 1,0 mm above the PWB.



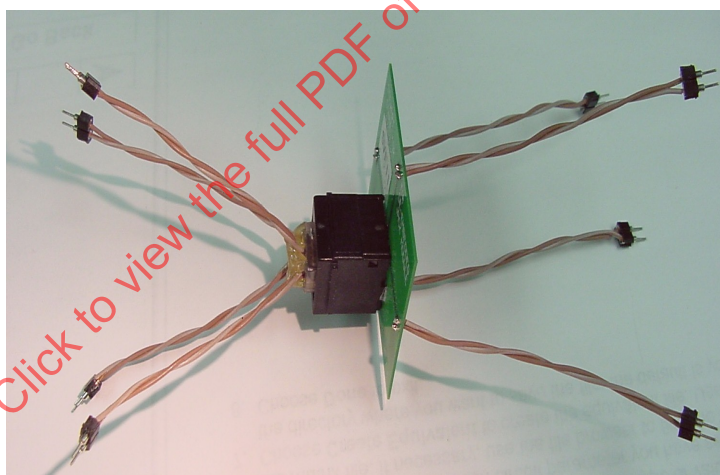
IEC 109/05

Figure 26 – Test leads connected to de-embedded reference jack/PWB assembly

6.3.3 De-embedding reference jack FEXT assembly measurement

Clip the left-over solder ends of the FEXT reference plug to the edge of the plug. Measure the FEXT loss of the de-embedding reference FEXT plug mated to the de-embedding reference jack assembly for all 12 pair combinations as shown in Figure 27.

Apply the same port-extension correction to the mated-reference plug-reference jack measurement as was determined for the reference plug in 6.3.1.5.4.



IEC 110/05

Figure 27 – Reference FEXT plug mated to reference jack/PWB assembly

Calculate the FEXT loss vector of the reference FEXT jack as the difference between the mated plug and jack/PWB assembly vector and the reference plug vector at each measurement frequency. The FEXT loss components of the unmated reference jack, Re_J and Im_J , are calculated using equations 38 and 39.

$$Re_J = (Re_{PJ} - Re_P) \quad (38)$$

$$Im_J = (Im_{PJ} - Im_P) \quad (39)$$

Annex A (informative)

Example test fixtures in support

A.1 Test fixture for mounting and terminating a test plug

An example test fixture, as depicted in Figure A.1, for mounting and terminating a test plug may be assembled from the parts listed in Table A.1.

Table A.1 – Coaxial termination reference head component list

Description	Part number	Quantity
Test head interface 3 kit	THI3KIT	2
Calibration kit, open short load	CALKITOSL	1
Calibration standard, back-back through	CALTHRU	1
Common mode termination, NEXT kit	CMTNKIT	1
Common mode termination FEXT kit	CMTEKIT	1
Differential mode termination, NEXT kit	DMTNKIT	1
Common mode termination, four pair	CMT4PR	1
Instruction booklet		1

NOTE Components indicated in Table A.1 may be obtained from: Superior Modular Products, Inc., Swannanoa, NC 28778.⁷



IEC 113/05

Figure A.1 – THI3KIT test head interface with baluns attached

⁷ This information is given for the convenience of the users of this International Standard and does not constitute an endorsement by the IEC. Alternative parts may be used as long as the resulting test set-up meets the appropriate requirements.

Additional parts that may be used for mounting and terminating a test plug are listed in Table A.2.

Table A.2 – Coaxial termination reference head, additional parts

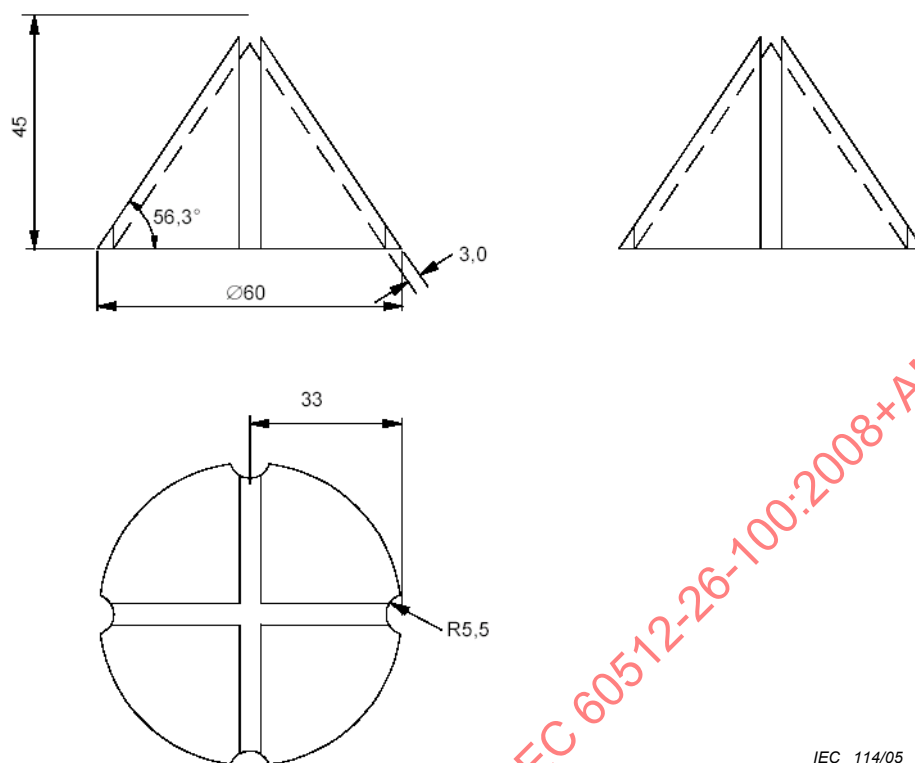
3	N447046	Test head interface 3 kit	THI3KIT	Quantity
3.1	N447028	Pyramid assembly	PYRASY	1
3.2	N447034	Long pin through adapter	LPTHRU	1
3.3	N447031	Balun interface 3 PCB assembly	THIFACE3	1
4	N447038	Calibration kit, open short load	CALKITOSL	
4.1	N447032	Short calibration reference	SHORTCAL	1
4.2	N447033	Load calibration reference	LOADCAL	1
4.3	N447027	Pyramid adapter PCB assembly	PYRADAPT	1
5	N447042	Common mode termination, NEXT kit	CMTNKIT	
5.1	N447029	Common mode termination opposite pairs	CMTERM13	1
5.2	N447035	Common mode termination adjacent pairs	CMTERM23	1
6	N447044	Common mode termination FEXT kit	CMTFKIT	
6.1	N447040	Common mode termination FEXT	CMTFEXT	2
7	N447043	Differential mode termination, NEXT kit	DMTNKIT	
7.1	N447036	Differential mode termination opposite pairs	DMTERM13	1
7.2	N447035	Common mode termination adjacent pairs	CMTERM23	1
8	N447045	Differential mode termination, FEXT kit	DMTFKIT	
8.1	N447067	Differential mode termination, FEXT	DMTFEXT	2

NOTE 1 The balun interfaces are designed to mate to the 0093 baluns with the interface block (which is part of the balun) attached. However, the holes must be enlarged in the interface block to 1,3 mm or larger and the existing replaceable sockets removed to attach the baluns to the mounting plate (THIFACE3).

NOTE 2 Components indicated in Table A.2 may be obtained from: Superior Modular Products, Inc., Swannanoa, NC 28778.⁸ Alternate equivalent components may also be used.

⁸ This information is given for the convenience of the users of this International Standard and does not constitute an endorsement by the IEC. Alternative parts may be used as long as the resulting test set-up meets the appropriate requirements.

Alternative:



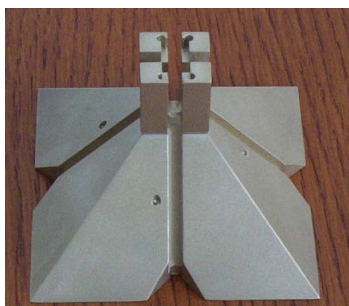
IEC 114/05

NOTE Dimensions are in mm.

Figure A.2 – Alternative to item 3.1 in Table A.2

A.2 Termination of screens

If a pyramid test setup is used, the screen of each pair shall be contacted to the grooves of the pyramid (Figure A.3) and guided as close as possible to the baluns on the mounting plate.



IEC 1086/06

Figure A.3 – Pyramid test setup for shielded connectors

A.3 Calibration procedure

In order to implement the port extension procedure specified in 5.1.1.3, it is necessary to calibrate with the baluns in a back-to-back position. For back-to-back balun calibration using the coaxial fixture described in 5.1.1.2, a long pin through adapter (LPTHRU) is attached to the balun mounting plate. A second long pin adapter is attached to the second balun mounting plate.

The purpose of the long pin through adapter is to enable the insertion of common mode or differential mode resistor terminations for the inactive pairs. During testing, the LPTHRU is replaced with a common mode (or a differential mode) resistor termination adapter (for example: CMTFEXT) to provide impedance matched terminations for the inactive pairs.

The back-to-back through calibration is inserted between the long pin adapters as shown in Figure 17. For calibration of two ports located on the same ground plane balun mounting plate (THIFACE3), one of the baluns must be removed from the plate and attached temporarily to the second plate for the through calibration as is shown in Figure 17. To maintain correct polarity of the second balun, rotate the first balun 180° with respect to the first balun as is shown in Figure 17.

The open, short, and load calibrations are performed with baluns in their home locations using the calibration standards (CALKITOSL), which are each attached to the long pin through adapter that is attached to the balun mounting plate.

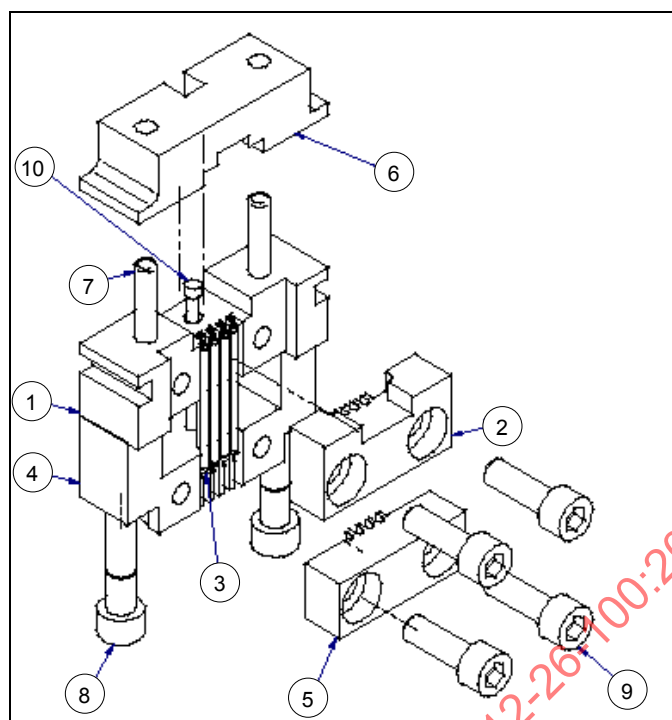
A.4 Test plug FEXT measurement – direct method

A.4.1 Construction of direct fixture

A coaxial termination reference test head, as depicted in Figure A.4, may be assembled from the parts listed in Table A.3.

Table A.3 – Coaxial termination reference head component list

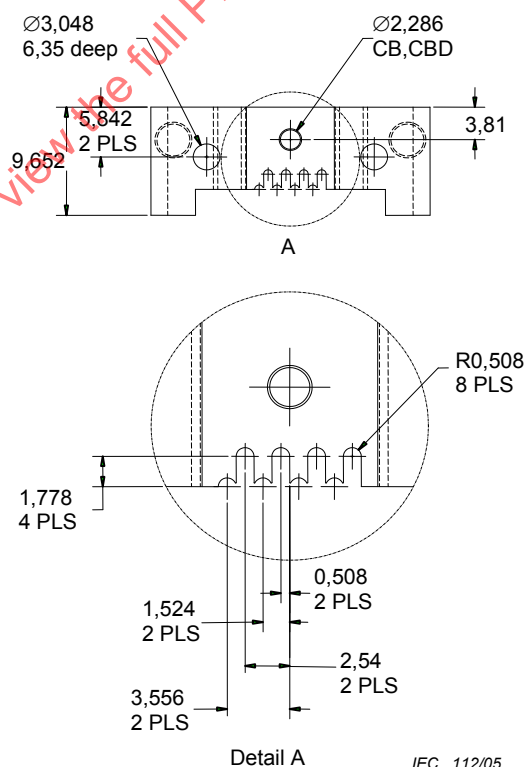
Qty.	Description	Ref.
1	Coaxial termination, clamp block base	1
1	Coaxial termination, clamp 1	2
8	Coaxial termination, coaxial probe	3
1	Coaxial termination, clamp block 2	4
1	Coaxial termination, clamp 2	5
1	Coaxial termination, plug clamp	6
2	Guide pin, steel 3,2 mm (0,13 in) diameter × 19,1 mm (0,75 in)	7
2	Screw, 8-32 × 3/4 SHC	8
4	Screw, 8-32 × 1/2 SHC	9
1	Spring pin insert	10



IEC 111/05

Figure A.4 – Exploded assembly of the coaxial termination reference test head

A detailed view of the reference test-head-to-plug mating interface is illustrated in Figure A.5.



IEC 112/05

NOTE Dimensions are in mm.

Figure A.5 – Detailed view of the coaxial termination reference test-head interface

An example test fixture for mounting and terminating a test plug can be found in Annex A.1 or A.2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60512-26-100:2008+AMD1:2011 CSV

Bibliography

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 581: Electro-mechanical components for electronic equipment*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60512-25 (all parts), *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 25*

IEC 61196-1 (all parts), *Coaxial communication cables*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60512-26-100:2008+AMD1:2011 CSV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60512-26-100:2008+AMD1:2011 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	62
INTRODUCTION	64
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Exigences générales pour le montage de mesure	66
3.1 Instrumentation d'essai	66
3.2 Câbles coaxiaux et fils d'essai pour analyseurs de réseau	66
3.3 Précautions de mesure	67
3.4 Exigences pour les symétriseurs	67
3.5 Composants de référence pour les étalonnages	68
3.5.1 Charges de référence pour l'étalonnage	68
3.5.2 Câbles de référence pour l'étalonnage	69
3.6 Charges de sortie pour la terminaison des paires de conducteurs	69
3.7 Sortie des écrans	70
3.8 Epreuve et plans de référence	70
3.9 Sortie du symétriseur avec faible affaiblissement de réflexion en mode commun	70
3.9.1 Généralités	70
3.9.2 Prise centrale connectée à la masse	71
3.9.3 Prise centrale ouverte	71
4 Mesure sur les connecteurs jusqu'à 250 MHz	72
4.1 Perte d'insertion (IL, en anglais <i>Insertion Loss</i>), Essai 26a	72
4.1.1 Objet	72
4.1.2 Fiche pour perte d'insertion	72
4.1.3 Méthode d'essai	72
4.1.4 Montage d'essai	72
4.1.5 Procédure	72
4.1.6 Rapport d'essai	73
4.1.7 Précision	73
4.2 Affaiblissement de réflexion (RL, en anglais <i>Return Loss</i>), Essai 26b	74
4.2.1 Objet	74
4.2.2 Fiche pour l'affaiblissement de réflexion	74
4.2.3 Méthode d'essai	74
4.2.4 Montage d'essai	74
4.2.5 Procédure	74
4.2.6 Rapport d'essai	74
4.2.7 Précision	74
4.3 Paradiaphonie (NEXT, en anglais <i>Near-end crosstalk</i>), Essai 26c	75
4.3.1 Objet	75
4.3.2 Combinaisons d'embases et de fiches à soumettre aux essais	75
4.3.3 Méthode d'essai	75
4.3.4 Montage d'essai	75
4.3.5 Procédure	76
4.3.6 Rapport d'essai	77
4.3.7 Précision	77
4.4 Télédiaphonie (FEXT, en anglais <i>Far-end crosstalk</i>), Essai 26d	77

4.4.1	Objet	77
4.4.2	Combinaisons d'embases et de fiches à soumettre aux essais	77
4.4.3	Méthode d'essai	77
4.4.4	Montage d'essai	78
4.4.5	Procédure.....	78
4.4.6	Rapport d'essai	79
4.4.7	Précision	79
4.5	Impédance de transfert (Z_T), Essai 26e.....	79
4.5.1	Objet	79
4.5.2	Méthode d'essai	79
4.5.3	Définitions	79
4.5.4	Montage d'essai	80
4.5.5	Procédure.....	84
4.5.6	Rapport d'essai	86
4.5.7	Précision	86
4.6	Perte de conversion transverse (TCL, en anglais <i>Transverse Conversion Loss</i>), Essai 26f	86
4.6.1	Objet	86
4.6.2	Méthode d'essai	86
4.6.3	Montage d'essai	86
4.6.4	Procédure.....	87
4.6.5	Rapport d'essai	88
4.6.6	Précision	88
4.7	Perte de transfert de conversion transverse (TCTL, en anglais <i>Transverse Conversion Transfer Loss</i>), Essai 26g	88
4.7.1	Objet	88
4.7.2	Méthode d'essai	88
4.7.3	Montage d'essai	88
4.7.4	Procédure.....	89
4.7.5	Rapport d'essai	89
4.7.6	Précision	90
5	Construction et qualification des fiches d'essai.....	90
5.1	Fiche d'essai pour la paradiaphonie de «désaccouplage»	90
5.1.1	Montage et étalonnage de la fiche de référence	90
5.1.2	Construction de la fiche d'essai	92
5.1.3	Mesure de la paradiaphonie de la fiche d'essai	92
5.1.4	Exigences relatives à la paradiaphonie de la fiche d'essai	94
5.1.5	Symétrie de la fiche d'essai.....	97
5.2	Télédiaphonie (FEXT) des fiches d'essais	98
5.2.1	Généralités.....	98
5.2.2	Mesure de la télédiaphonie de la fiche d'essai – méthode de «désaccouplage»	98
5.2.3	Mesure de la télédiaphonie de la fiche d'essai – méthode directe	98
5.2.4	Exigences télédiaphoniques de la fiche d'essai	99
5.3	Fiche d'essai pour l'affaiblissement de réflexion.....	100
6	Construction et mesure de l'embase et de la fiche de référence – principes de base de la méthode d'essai de «désaccouplage»	100
6.1	Paradiaphonie avec «désaccouplage» des fiches et embases de référence	100
6.1.1	Construction de la fiche de référence	100
6.1.2	Fiche de référence pour l'affaiblissement de réflexion	101

6.1.3	Montage et étalonnage de la fiche de référence	102
6.1.4	«Désaccouplage» de la fiche de référence pour la mesure de paradiaphonie.....	102
6.1.5	Réglage du retard à la place de l'extension d'accès	102
6.2	«Désaccouplage» de l'embase de référence pour la paradiaphonie (NEXT)	102
6.2.1	Construction de l'embase de référence.....	102
6.2.2	Mesure de la paradiaphonie de l'embase de référence «désaccouplée»	104
6.2.3	Vecteur d'embase de mode différentiel	104
6.3	Détermination du vecteur de télédiaphonie de l'embase de référence.....	104
6.3.1	Détails sur fiche d'essai de référence pour la télédiaphonie.....	104
6.3.2	Ensemble d'embase de référence pour la mesure de la télédiaphonie	108
6.3.3	Mesure de l'assemblage d'embase de référence «désaccouplées» pour la télédiaphonie	109
	Annexe A (informative) Exemples de montages d'essai	111
	Bibliographie.....	117
	Figure 1 – Hybride à 180° facultatif utilisé à la place d'un symétriseur	67
	Figure 2 – Exemple d'étalonnage pour les charges de référence	68
	Figure 3 – Charge résistive	69
	Figure 4 – Définition des plans de référence	70
	Figure 5 – Atténuateur symétrique pour prise centrale de symétriseur à la masse	71
	Figure 6 – Atténuateur équilibré pour prise centrale de symétriseur ouverte	71
	Figure 7 – Etalonnage.....	72
	Figure 8 – Montage de mesure	73
	Figure 9 – Mesure de la paradiaphonie pour les sorties de mode différentiel et de mode commun	76
	Figure 10 – Mesure de la télédiaphonie pour les sorties de mode différentiel et de mode commun	78
	Figure 11 – Préparation de l'éprouvette	80
	Figure 12 – Montage d'essai triaxial.....	81
	Figure 13 – Adaptation d'impédance pour $R_1 < 50 \Omega$	84
	Figure 14 – Adaptation d'impédance pour $R_1 > 50 \Omega$	84
	Figure 15 – Mesure de la TCL.....	87
	Figure 16 – Mesure TCTL	89
	Figure 17 – Etalonnage direct dos à dos (pour plus d'informations voir l'Annexe A)	90
	Figure 18 – Configuration d'essai – Fiche d'essai accouplée/fixation directe.....	99
	Figure 19 – «Désaccouplage» de la fiche de référence	101
	Figure 20 – «Désaccouplage» de l'embase de référence	103
	Figure 21 – Fiche «désaccouplée» de référence sans connecteurs pour supports de CI en ligne pour mesure de télédiaphonie.....	105
	Figure 22 – Fiche «désaccouplée» de référence avec connecteurs pour supports de CI en ligne, pour mesure de télédiaphonie	105
	Figure 23 – Fiche de référence pour la mesure de télédiaphonie montée sur une carte de circuit imprimé	106
	Figure 24 – Position des fils de la fiche de référence pour la mesure de la télédiaphonie	107

Figure 25 – Ensemble de fiche de référence pour la mesure de la télédiaphonie	107
Figure 26 – Fils d'essai connectés à l'assemblage embase de référence «désaccouplée»/carte de circuit imprimé	109
Figure 27 – Fiche de référence pour la télédiaphonie montée sur un assemblage embase de référence/carte de circuit imprimé	109
Figure A.1 – Interface de tête d'essai TH13KIT avec symétriseurs montés	111
Figure A.2 – Variante au point 3.1 du Tableau A.2	113
Figure A.3 – Montage d'essai en pyramide pour les connecteurs blindés	113
Figure A.4 – Eclaté de la tête d'essai de référence à sortie coaxiale	115
Figure A.5 – Vue détaillée de l'interface de la tête d'essai de référence à sortie coaxiale	116
Tableau 1 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai	68
Tableau 2 – Bande d'incertitude de mesure de l'affaiblissement de réflexion à des fréquences inférieures à 100 MHz	75
Tableau 3 – Bande d'incertitude de mesure de l'affaiblissement de réflexion à des fréquences supérieures à 100 MHz	75
Tableau 4 – Vecteurs imaginaire et réel pour la NEXT d'une embase de référence «désaccouplée»	93
Tableau 5 – Vecteurs d'une embase de référence de mode différentiel	94
Tableau 6 – Limites d'affaiblissement paradiaphonique de la fiche d'essai pour les connecteurs jusqu'à 100 MHz conformes à la CEI 60603-7-2 ou à la CEI 60603-7-3	95
Tableau 7 – Limites d'affaiblissement paradiaphonique de la fiche d'essai pour les connecteurs jusqu'à 250 MHz conformes à la CEI 60603-7-4 ou à la CEI 60603-7-5	96
Tableau 8 – Cohérence en mode différentiel et en mode différentiel avec mode commun de la fiche d'essai	98
Tableau 9 – Exigences télédiaphoniques de la fiche d'essai – Méthode de «désaccouplage»	100
Tableau 10 – Exigences d'affaiblissement de réflexion pour une fiche de référence	102
Tableau A.1 – Liste des composants de la tête de référence à sortie coaxiale	111
Tableau A.2 – Tête de référence à sortie coaxiale, composants complémentaires	112
Tableau A.3 – Liste des composants de la tête de référence à sortie coaxiale	114

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONNECTEURS POUR ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –
ESSAIS ET MESURES –****Partie 26-100: Montage de mesure, dispositifs d'essai et de référence
et mesures pour les connecteurs conformes à la CEI 60603-7 –
Essais 26a à 26g**

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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles 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. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 60512-26-100 comprend la première édition (2008) [documents 48B/1892/FDIS et 48B/1925/RVD] et son amendement 1 (2011) [documents 48B/2065/FDIS et 48B/2149/RVD]. Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 60512-26-100 a été établie par le sous-comité 48B: Connecteurs, du comité d'études 48 de la CEI: Composants électromécaniques et structures mécaniques pour équipements électroniques.

La présente norme doit être lue conjointement avec la CEI 60512-1 et la CEI 60512-1-100 qui explique la structure de la série CEI 60512.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60512, présentées sous le titre général *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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

Les spécifications particulières pour les fiches et les embases à 8 voies comme la CEI 60603-7-4:2005 et la CEI 60603-7-5:2007 définissent le montage de mesure et les dispositifs d'essai et de référence pour les essais d'interopérabilité et de compatibilité amont des connecteurs conformes à la CEI 60603-7 jusqu'à 250 MHz pour la perte d'insertion (IL, en anglais *Insertion Loss*), la paradiaphonie (NEXT, en anglais *Near End crosstalk*), la télédiaphonie (FEXT, en anglais *Far End crosstalk*), l'affaiblissement de réflexion (RL, en anglais *Return Loss*) et la symétrie (perte de conversion transverse TCL, en anglais *transverse conversion loss* et perte de transfert de conversion transverse TCTL, en anglais *transverse conversion transfer loss*) ainsi que pour la méthode de «désaccouplage» pour la qualification des embases.

La présente norme conserve le contenu technique des méthodes d'essai spécifiées dans les Annexes C à J de la CEI 60603-7-4:2005 et dans les Annexes C à K de la CEI 60603-7-5:2007 mais elle structure et harmonise les mesures pour une meilleure lisibilité. La présente norme sera citée en référence par les futures secondes éditions de la série CEI 60603-7-x et les premières éditions de la série CEI 60603-7-xy (en cours d'élaboration) et pourra être citée par toutes les normes CEI ayant une interface selon la CEI 60603-7.

La CEI 60512-26-100: Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 26-100 est constituée des articles suivants:

- Article 3: Exigences générales pour le montage de mesure
- Article 4: Mesure des connecteurs jusqu'à 250 MHz

NOTE 1 Les Articles 3 et 4 définissent les procédures de mesure pour qualifier l'embase

- Clause 5: Construction et qualification des fiches d'essai

NOTE 2 Le câblage de la fiche a un effet sur les performances du connecteur accouplé. Des mesures étendues montrent que la paradiaphonie et la télédiaphonie sont affectées d'une manière particulière de telle sorte que les propriétés de la fiche d'essai doivent être contrôlées. Pour s'assurer que la sortie présente des performances appropriées sur la gamme attendue des différents câblages de fiches, celle-ci doit être soumise aux essais avec un jeu pouvant aller jusqu'à 12 fiches d'essai ayant des performances de paradiaphonie différentes. La sortie n'est conforme aux exigences de paradiaphonie de la présente norme que si toutes les combinaisons sont conformes aux exigences de paradiaphonie. La télédiaphonie est traitée d'une manière similaire mais une seule fiche d'essai est exigée. L'Article 5 décrit la construction et la qualification des fiches d'essai. Les fiches d'essai sont utilisées dans le laboratoire aussi longtemps que possible pour éviter la procédure coûteuse qui consiste à trouver de nouvelles fiches d'essai

- Article 6: Construction et mesure de l'embase de référence – principes de base de la méthode d'essai de «désaccouplage»

NOTE 3 L'Article 6 décrit la préparation et les mesures des fiches et des embases de référence en vue de la méthode d'essai de «désaccouplage».

Les méthodes d'essai spécifiées ici sont:

- perte d'insertion, essai 26a;
- affaiblissement de réflexion, essai 26b;
- paradiaphonie (NEXT), essai 26c;
- télédiaphonie (FEXT), essai 26d;
- impédance de transfert (Z_T), essai 26e;
- perte de conversion transverse (TCL), essai 26f;
- perte de transfert de conversion transverse (TCTL), essai 26g.

Pour l'affaiblissement de couplage, voir la EN 50289-1-14.

CONNECTEURS POUR ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES – ESSAIS ET MESURES –

Partie 26-100: Montage de mesure, dispositifs d'essai et de référence et mesures pour les connecteurs conformes à la CEI 60603-7 – Essais 26a à 26g

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60512 spécifie l'essai et les mesures ainsi que le montage de mesure et les dispositifs de référence associés pour les essais d'interopérabilité et de compatibilité amont pour le développement et la qualification des embases et des fiches à 8 voies pour la transmissions des données.

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 60169-15, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Quinzième partie: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 4,13 mm (0,163 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 ohms (type SMA)*

CEI 60512-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 1: Généralités*

CEI 60512-1-100, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 1-100: Généralités – Publications applicables*

CEI 60603-7, *Connecteurs pour fréquences inférieures à 3 MHz pour utilisation avec cartes imprimées – Partie 7: Spécification particulière pour connecteurs à 8 voies, comprenant des embases et des fiches ayant des caractéristiques d'accouplement communes, avec assurance de la qualité*

CEI 60603-7-2, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-2: Spécification particulière pour les fiches et les embases non blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 100 MHz*

CEI 60603-7-3, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-3: Spécification particulière pour les fiches et les embases blindées à 8 voies pour la transmission de données à des fréquences jusqu'à 100 MHz*

CEI 60603-7-4:2005, *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 60603-7-5:2007, *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 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques*

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

ISO 11801:2002, *Technologies de l'information – Câblage générique pour locaux d'utilisateurs*

Recommandation UIT-T G.117, *Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*

Recommandation UIT-T O.9, *Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre*

EN 50289-1-14, *Câbles de communication – Spécifications des méthodes d'essai – Partie 1-14: Méthodes d'essais électriques – Affaiblissement de couplage ou affaiblissement de blindage du matériel de connexion*

3 Exigences générales pour le montage de mesure

3.1 Instrumentation d'essai

Ces procédures d'essais électriques exigent l'utilisation d'un analyseur vectoriel de réseau. L'analyseur doit avoir une capacité d'étalonnage complet sur 2 accès. L'analyseur doit au minimum couvrir la gamme de fréquences de 1 MHz à 1 GHz.

Au moins deux symétriseurs d'essai sont nécessaires pour réaliser les mesures avec des signaux symétriques équilibrés. Les exigences pour les symétriseurs sont données en 3.4.

Les charges et les câbles de référence sont nécessaires pour l'étalonnage du montage d'essai. Les exigences pour les charges et les câbles de référence sont données en 3.5.1 et 3.5.2, respectivement.

Des charges de sortie sont nécessaires pour la terminaison des paires, utilisées et non utilisées, qui ne sont pas terminées par des symétriseurs d'essai. Les exigences concernant les charges des sorties sont données en 3.9.

Une pince absorbante et des absorbeurs en ferrite sont nécessaires pour les mesures de l'affaiblissement de couplage. Les exigences pour ces éléments sont données dans l'EN 50289-1-14.

3.2 Câbles coaxiaux et fils d'essai pour analyseurs de réseau

Il convient que les ensembles de câbles coaxiaux entre l'analyseur de réseau et les symétriseurs soient aussi courts que possible. (Il est recommandé qu'ils ne dépassent pas 60 cm chacun).

Les symétriseurs doivent être reliés électriquement à un plan de masse commun. Pour les mesures de diaphonie, un montage d'essai peut être utilisé de manière à réduire la diaphonie résiduelle (voir en 3.9 et l'Annexe A).

Les fils d'essai symétriques et le matériel de connexion associé pour les liaisons entre l'équipement d'essai et le connecteur en essai doivent être choisis parmi les composants qui satisfont ou dépassent les exigences pour la catégorie appropriée de performance de câblage symétrique selon l'ISO/CEI 11801. Les fils d'essai symétriques doivent être limités à 7 cm maximum entre chaque symétriseur et le plan de référence du connecteur en essai. Les

paires doivent rester torsadées entre les symétriseurs et l'emplacement où les connexions sont réalisées. L'impédance des fils d'essai allant du dispositif en essai aux symétriseurs doit être gérée, à la fois pour le mode différentiel et le mode commun, dans la mesure du possible. Ceci peut être réalisé en montant les fils d'essai dans une pyramide, une rainure ou un autre dispositif.

3.3 Précautions de mesure

Pour assurer un haut degré de fiabilité pour les mesures de transmission, les précautions suivantes sont exigées.

- Des charges de résistances et de symétriseurs stables et cohérentes doivent être utilisées pour chaque paire tout au long de la série d'essais.
- Avant, pendant et après les essais, les discontinuités dans les câbles et les adaptateurs, qui peuvent être causées par les flexions physiques, les coudes en équerre et les forces de contrainte doivent être évitées.
- Une méthodologie d'essai et des sorties cohérentes (symétriseurs ou résistances) doivent être utilisées à toutes les étapes des qualifications de performances de transmission.
L'espacement relatif entre conducteurs dans les paires doit être préservé tout au long des essais au maximum de ce qui est possible.
- La symétrie des câbles est maintenue autant que possible par des longueurs de câbles et un torsadage de paires cohérents au point de charge.
- La sensibilité aux variations de montage pour ces mesures à hautes fréquences nécessite de prêter attention aux détails tant en ce qui concerne l'équipement de mesure que les procédures.
- L'ensemble des sorties de mode commun ainsi que le boîtier des symétriseurs doivent être raccordés à un plan de masse commun.

3.4 Exigences pour les symétriseurs

Les symétriseurs peuvent être des transformateurs à symétriseur ou des hybrides à 180° avec des atténuateurs pour améliorer l'adaptation, si nécessaire (voir la Figure 1).

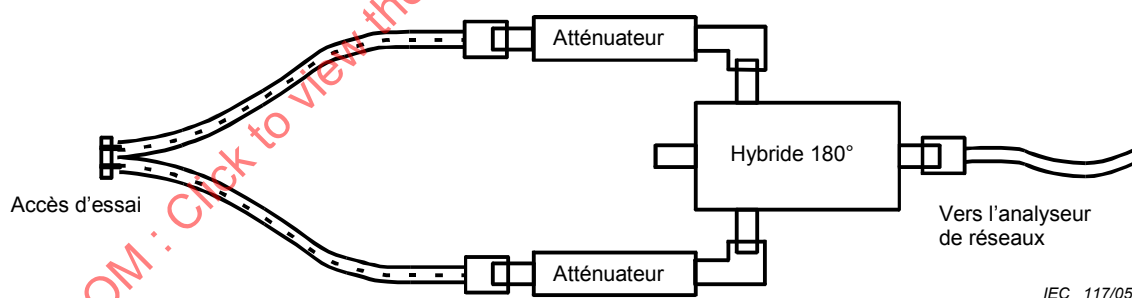


Figure 1 – Hybride à 180° facultatif utilisé à la place d'un symétriseur

Les spécifications des symétriseurs s'appliquent pour toute la gamme de fréquences pour laquelle ils sont utilisés. Les symétriseurs doivent être écrantés contre le brouillage radioélectrique et doivent être conformes aux spécifications indiquées au Tableau 1.

Tableau 1 – Caractéristiques des performances des symétriseurs d'essai

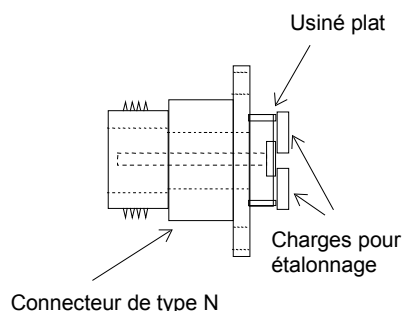
Paramètre	Exigence à des fréquences d'essai jusqu'à 250 MHz
Impédance, au primaire	Adaptée à l'analyseur de réseau appliqué
Impédance, au secondaire	100 Ω
Perte d'insertion	10 dB maximum
Affaiblissement de réflexion, au secondaire	14 dB minimum
Mode commun d'affaiblissement de réflexion avec charge de mode commun ^{a)}	10 dB minimum
Mode commun d'affaiblissement de réflexion sans charge de mode commun ^{a)}	1 dB maximum
Symétrie longitudinale ^{b)}	50 dB
Rejection en mode commun ^{c)}	50 dB
Symétrie du signal de sortie ^{c)}	50 dB
Puissance assignée	0,1 W
^{a)} Mesuré en connectant ensemble les bornes de sortie symétriques et en mesurant l'affaiblissement de réflexion. L'impédance nominale du primaire doit terminer la borne d'entrée de ce primaire. ^{b)} Applicable aux symétriseurs qui sont utilisés pour les mesures de symétrie. Mesuré de la borne d'entrée du primaire à la borne de mode commun lorsque la borne symétrique du secondaire est une charge de 100 Ω . ^{c)} Mesurées conformément aux Recommandations G.117 et O.9 de l'UIT-T (anciennes recommandations CCITT).	

3.5 Composants de référence pour les étalonnages

3.5.1 Charges de référence pour l'étalonnage

Pour réaliser un étalonnage sur un ou deux accès de l'équipement d'essai, un court-circuit, un circuit ouvert et une charge de référence sont nécessaires. Ces dispositifs doivent être utilisés pour obtenir un étalonnage au niveau du plan de référence.

La charge de référence, c'est-à-dire les résistances pavés, doit être étalonnée par rapport à une référence d'étalonnage qui doit être une charge de 50 Ω , reliée à une norme internationale de référence. Deux charges de référence de 100 Ω en parallèle doivent être étalonnées par rapport à la référence d'étalonnage. Les charges de référence pour l'étalonnage doivent être placées dans un connecteur approprié, à savoir un connecteur de type N selon la CEI 61169-16 ou un connecteur de type SMA selon la CEI 60169-15, conçu pour le montage sur panneau, qui est usiné plat sur son côté arrière (voir la Figure 2). Les charges doivent être fixées sur le côté plat du connecteur, réparties de manière uniforme autour du conducteur central. Un analyseur de réseau doit être étalonné par étalonnage complet sur un accès avec la référence d'étalonnage. Ensuite, l'affaiblissement de réflexion des charges de référence destinées à l'étalonnage doit être mesuré. L'affaiblissement de réflexion ainsi vérifié doit être >46 dB à des fréquences jusqu'à 100 MHz et >40 dB aux fréquences supérieures à 100 MHz et jusqu'à la limite pour laquelle les mesures doivent être réalisées.



IEC 118/05

Figure 2 – Exemple d'étalonnage pour les charges de référence

3.5.2 Câbles de référence pour l'étalonnage

Au minimum, le câble de référence qui est utilisé pour réaliser l'étalonnage du montage d'essai doit satisfaire à l'exigence de la même catégorie de performance de câblage symétrique selon la norme ISO/CEI 11801 selon la série CEI 61156 que la catégorie de connecteur. Le câble de référence doit être un morceau du câble horizontal dont la gaine est conservée. Une des paires du câble de référence est utilisée pour les étalonnages. La longueur totale du câble de référence doit être conforme à la longueur des câbles de mesure, comme indiqué dans les procédures d'étalonnage pour les différents essais. Les deux extrémités du câble de référence doivent être bien préparées de manière à ce que le torsadage soit maintenu jusqu'aux deux accès d'essai.

3.6 Charges de sortie pour la terminaison des paires de conducteurs

Au cours de la mesure, les paires de conducteurs des câbles de mesure pour le connecteur en essai doivent être terminées selon le montage d'essai spécifié avec des charges d'adaptation d'impédance. Pour les paires en essai, ceci est assuré par l'instrumentation d'essai à une des extrémités ou aux deux. Pour les paires qui ne sont pas en essai ou qui ne sont pas connectées à l'instrumentation d'essai, des charges résistives ou des symétriseurs chargés doivent être appliqué(e)s. Pour les sorties uniquement en mode différentiel, seules des charges résistives sont autorisées.¹

L'impédance nominale de la sortie en mode différentiel doit être de 100 Ω. L'impédance nominale en mode commun doit être de 50 Ω ± 25 Ω.

NOTE La valeur exacte de l'impédance de mode commun n'est pas critique pour la plupart des mesures. Normalement, une valeur de 75 Ω est utilisée pour les connecteurs qui ne sont pas écrantés, tandis qu'une valeur de 25 Ω est utilisée pour ceux qui le sont.

Les charges résistives doivent utiliser des résistances spécifiées pour une précision de ±1 % en courant continu et doivent avoir un affaiblissement de réflexion supérieur à 40 – 10log(*f*), où *f* est la fréquence en mégahertz². Pour les paires connectées à un symétriseur, une charge de mode commun est mise en œuvre en appliquant une charge à la borne de mode commun (prise centrale) du symétriseur. L'impédance de la charge est égale à l'impédance de mode commun. Pour un symétriseur sans borne de mode commun (prise centrale non accessible), l'exigence pour l'affaiblissement de réflexion en mode commun doit être satisfaite en insérant un atténuateur symétrique entre le symétriseur et la paire de connecteurs. Un guide sur la manière de procéder est donné en 3.9. Pour les paires connectées aux charges résistives, une charge de mode commun est mise en œuvre par la configuration en Y représentée à la Figure 3.

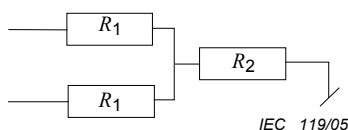


Figure 3 – Charge résistive

où:

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (1)$$

et

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (2)$$

où:

¹ Des capacités parasites imprévisibles dans les symétriseurs provoquent des résonances à des fréquences élevées, si elles sont utilisées comme sorties lorsque la borne de mode commun est ouverte.

² L'affaiblissement de réflexion des sorties est mesuré avec un analyseur de réseau connecté à un symétriseur qui est étalonné (étalonnage complet pour un accès) en utilisant les charges de référence (Voir le 3.5.1).

R_{dif} est l'impédance en mode différentiel (Ω);

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

Les deux résistances R_1 doivent être adaptées à 0,5 % près. La sortie doit être mise en œuvre au niveau d'une petite carte de circuit imprimé avec des résistances montées en surface. La disposition des résistances R_1 doit être symétrique.

Les points de sortie de mode commun pour toutes les paires doivent être connectés au plan de masse.

3.7 Sortie des écrans

Si le connecteur en essai est écranté, des câbles de mesure écrantés doivent être utilisés. (Des paires torsadées écrantées (STP) individuellement sont recommandées.)

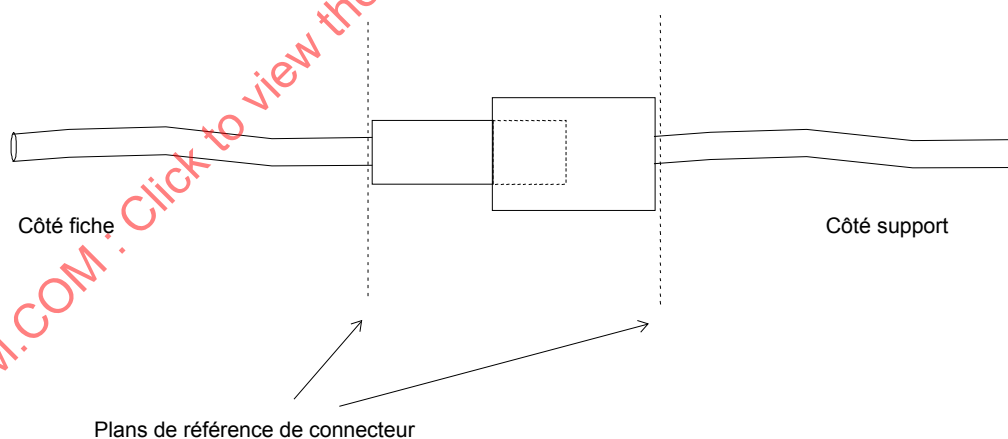
Le ou les écran(s) de ces câbles doit/doivent être fixé(s) au plan de masse, aussi près que possible des symétriseurs de mesure.

Si un montage d'essai en pyramide est utilisé, l'écran de chaque paire doit être en contact avec les rainures de la pyramide et il doit être connecté aussi près que possible des symétriseurs sur la plaque de montage.

On doit veiller à maintenir la feuille d'écran de chaque paire individuelle, s'il y en a une, serrée autour des paires torsadées.

3.8 Epreuve et plans de référence

L'épreuve est une paire de connecteurs adaptés accouplés. Le plan de référence électrique pour l'épreuve est soit le point auquel la gaine de câble entre dans le connecteur (extrémité arrière du connecteur) soit le point à partir duquel la géométrie interne du câble n'est plus maintenue, selon ce qui est le plus éloigné du connecteur (voir Figure 4). Cette définition s'applique aux deux extrémités de l'épreuve.



IEC 120/05

Figure 4 – Définition des plans de référence

3.9 Sortie du symétriseur avec faible affaiblissement de réflexion en mode commun

3.9.1 Généralités

Si le symétriseur disponible ne fournit pas de sortie de mode commun (prise centrale soit connectée à la masse soit ouverte), un atténuateur symétrique résistif doit être utilisé pour fournir l'affaiblissement de réflexion exigé. L'atténuateur doit être mis en œuvre au niveau

d'une petite carte imprimée avec des résistances à montage en surface. Il y a deux cas: l'un concerne la prise centrale connectée à la masse et l'autre la prise centrale ouverte.

3.9.2 Prise centrale connectée à la masse

Un schéma de l'atténuateur est donné à la Figure 5. L'affaiblissement nominal est de 10 dB et l'impédance de mode commun calculée est de 26 Ω .

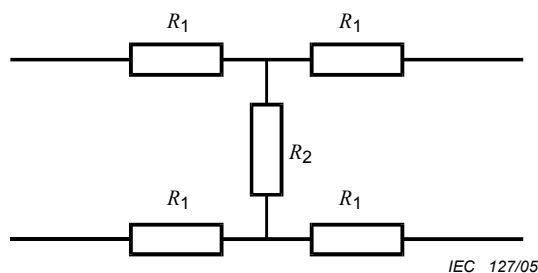


Figure 5 – Atténuateur symétrique pour prise centrale de symétriseur à la masse

où: $R_1 = 26 \Omega$

et $R_2 = 70 \Omega$

3.9.3 Prise centrale ouverte

Un schéma de l'atténuateur est donné à la Figure 6. L'affaiblissement nominal est de 5 dB et l'impédance de mode commun calculée est de 48 Ω .

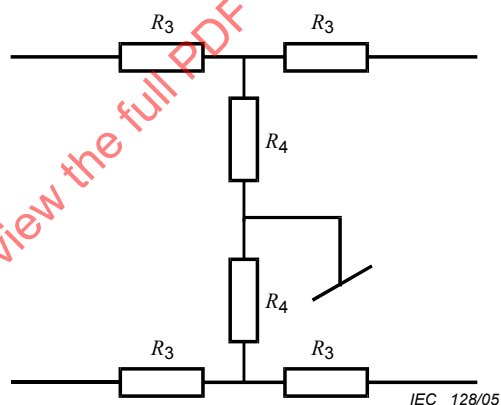


Figure 6 – Atténuateur équilibré pour prise centrale de symétriseur ouverte

où: $R_3 = 14 \Omega$

et $R_4 = 82 \Omega$

NOTE Les valeurs des résistances sont des valeurs nominales. Les valeurs normalisées les plus proches peuvent être choisies.

4 Mesure sur les connecteurs jusqu'à 250 MHz

4.1 Perte d'insertion ³ (IL, en anglais *Insertion Loss*), Essai 26a

4.1.1 Objet

Cet essai est destiné à mesurer la perte d'insertion, définie comme l'affaiblissement supplémentaire provoqué par une paire de connecteurs accouplés insérés dans un câble de communication.

4.1.2 Fiche pour perte d'insertion

Il n'est pas nécessaire de qualifier la fiche pour les essais de perte d'insertion de l'embase; on estime que l'influence de différentes fiches sur la perte d'insertion est marginale. En cas de conflit, il convient d'utiliser la fiche d'essai centrale.

4.1.3 Méthode d'essai

La perte d'insertion est évaluée en mesurant les paramètres de diffusion, S_{21} , de toutes les paires de conducteurs.

4.1.4 Montage d'essai

Le montage d'essai se compose d'un analyseur de réseau et de deux symétriseurs comme défini en 3.1.

Il n'est pas nécessaire de charger les paires inutilisées.

4.1.5 Procédure

4.1.5.1 Etalonnage

Un étalonnage complet sur 2 accès doit être réalisé au niveau du plan de référence. Ceci est réalisé en appliquant une longueur maximale de 14 cm de câble de référence entre les bornes des symétriseurs et en réalisant la mesure de l'étalonnage de transmission. Ensuite, des longueurs maximales de câbles de référence de 7 cm sont connectées aux bornes des deux symétriseurs (voir la Figure 7). La longueur totale de ces câbles doit être égale à la longueur du câble de référence utilisé pour les étalonnages de transmission. A l'extrémité de ces câbles de référence, les étalonnages de réflexion sont réalisés en appliquant des sorties en circuit ouvert, en court-circuit et avec charge.

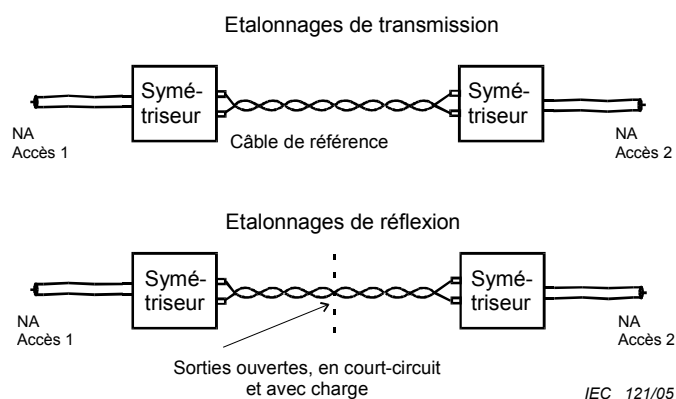


Figure 7 – Etalonnage

³ Souvent désigné sous le terme d'affaiblissement.

4.1.5.2 Mesure

L'éprouvette doit être terminée par des câbles de mesure aux deux extrémités. La longueur de ces câbles de mesure doit être égale à la longueur des câbles de référence utilisés pour les étalonnages de réflexion. Les câbles de mesure doivent être des types de câbles auxquels le connecteur est destiné. Une mesure S_{21} doit être réalisée. Voir la Figure 8.

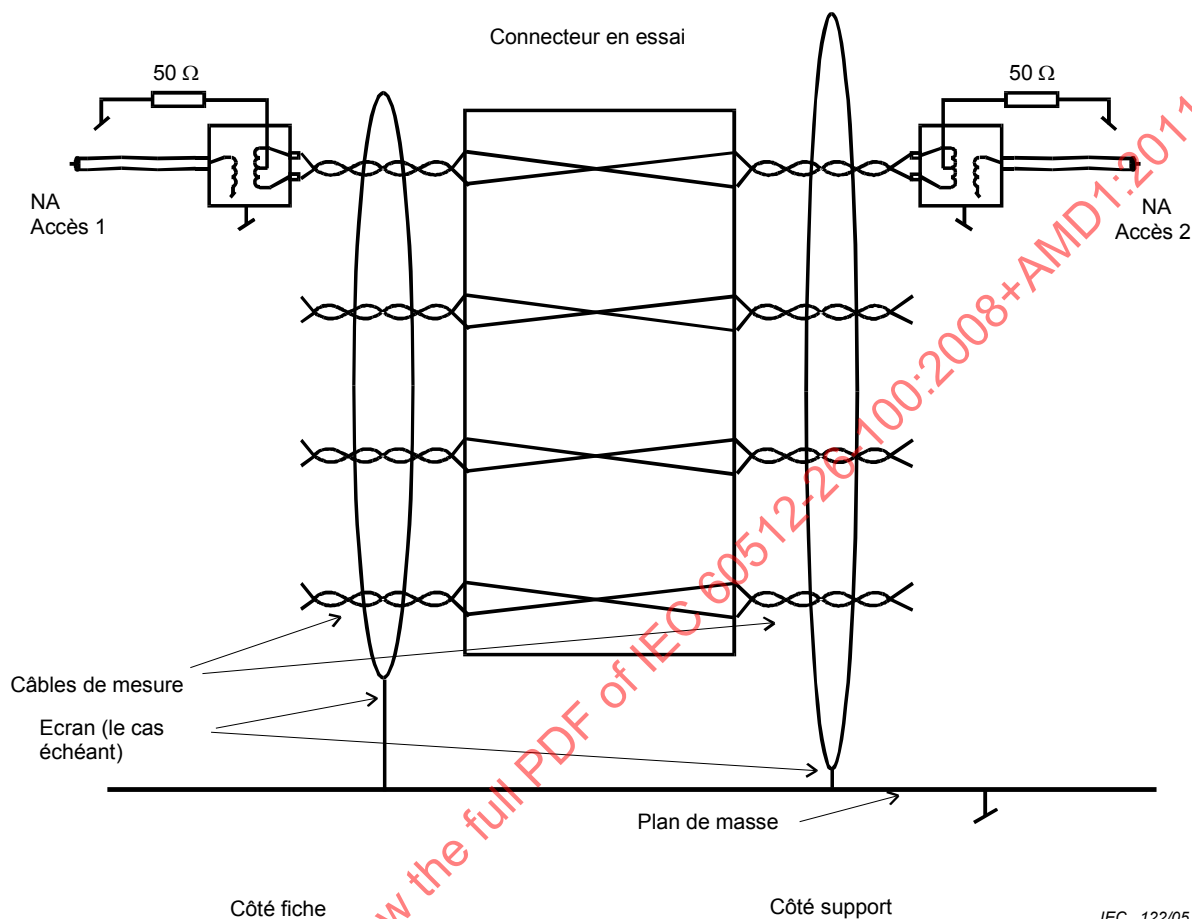


Figure 8 – Montage de mesure

4.1.6 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.1.7 Précision

La précision doit être dans les limites de $\pm 0,05$ dB.

4.2 Affaiblissement de réflexion (RL, en anglais *Return Loss*), Essai 26b

4.2.1 Objet

Cet essai est destiné à mesurer l'affaiblissement de réflexion d'une paire de connecteurs accouplés au niveau des deux plans de référence.

4.2.2 Fiche pour l'affaiblissement de réflexion

L'affaiblissement de réflexion de l'embase doit être qualifié avec une fiche conforme aux exigences de la fiche de référence du paragraphe 6.1.2.

4.2.3 Méthode d'essai

L'affaiblissement de réflexion (RL) est évalué en mesurant les paramètres de diffusion, S_{11} et S_{22} , de toutes les paires de conducteurs.

NOTE Etant donné qu'un connecteur est un dispositif à faible perte, l'affaiblissement de réflexion des deux côtés est pratiquement égal.

4.2.4 Montage d'essai

Le montage d'essai est comme décrit à l'Article 3. Un réseau de résistances selon le 3.6 peut remplacer le symétriseur à l'extrémité éloignée.

4.2.5 Procédure

4.2.5.1 Etalonnage

L'étalonnage doit être réalisé comme décrit en 4.3.5.1.

4.2.5.2 Mesure

L'éprouvette doit être terminée par des câbles de mesure aux deux extrémités. La longueur des câbles de mesure doit être égale à la longueur des câbles de référence utilisés pour les étalonnages de réflexion. Les câbles de mesure doivent être des types de câbles auxquels le connecteur est destiné. Les mesures S_{11} et S_{22} doivent être réalisées pour chaque paire.

4.2.6 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.2.7 Précision

Il est vérifié que l'affaiblissement de réflexion de la charge d'étalonnage est supérieur à 46 dB jusqu'à 100 MHz et à 40 dB à des fréquences plus élevées. L'incertitude de la connexion entre le connecteur en essai et les symétriseurs est supposée détériorer l'affaiblissement de réflexion du montage (en fait le pont directionnel mis en place par le montage d'essai) de 6 dB. La précision des mesures de l'affaiblissement de réflexion est alors équivalente à celle des mesures réalisées par un pont directionnel avec une directivité de 40 dB et 34 dB. La précision (bande d'incertitude) est donnée aux Tableaux 2 et 3.

Tableau 2 – Bande d'incertitude de mesure de l'affaiblissement de réflexion à des fréquences inférieures à 100 MHz

Affaiblissement de réflexion mesuré	10	12	15	18	20	22	25	28	30
Limite d'incertitude basse	–0,3	–0,3	–0,5	–0,7	–0,8	–1,0	–1,4	–1,9	–2,4
Limite d'incertitude haute	+0,3	+0,4	+0,5	+0,7	+0,9	+1,2	+1,7	+2,5	+3,3

Tableau 3 – Bande d'incertitude de mesure de l'affaiblissement de réflexion à des fréquences supérieures à 100 MHz

Affaiblissement de réflexion mesuré	10	12	15	18	20	22	25	28	30
Limite d'incertitude basse	–0,5	–0,7	–0,9	–1,3	–1,6	–1,9	–2,6	–3,5	–4,2
Limite d'incertitude haute	+0,6	+0,7	+1,0	+1,3	+1,9	+2,5	+3,8	+6,0	+8,7

EXEMPLE Soit l'affaiblissement de réflexion mesuré égal à 20 dB. La véritable valeur de l'affaiblissement de réflexion RL se trouve alors pour les fréquences au-dessus de 100 MHz dans la bande comprise entre 18,4 dB et 21,9 dB.

4.3 Paradiaphonie (NEXT, en anglais *Near-end crosstalk*), Essai 26c

4.3.1 Objet

Cette procédure d'essai a pour objet la mesure de l'amplitude du couplage électrique et magnétique entre des paires de connecteurs accouplés actifs (perturbateurs) et passifs (perturbés).

4.3.2 Combinaisons d'embases et de fiches à soumettre aux essais

Pour les embases spécifiées jusqu'à 250 MHz selon la CEI 60603-7-4 ou la CEI 60603-7-5, tous les supports doivent être soumis aux essais avec le jeu complet des 12 fiches d'essai décrites au Tableau 7. L'affaiblissement paradiaphonique du connecteur accouplé doit satisfaire aux exigences de la spécification particulière appropriée.

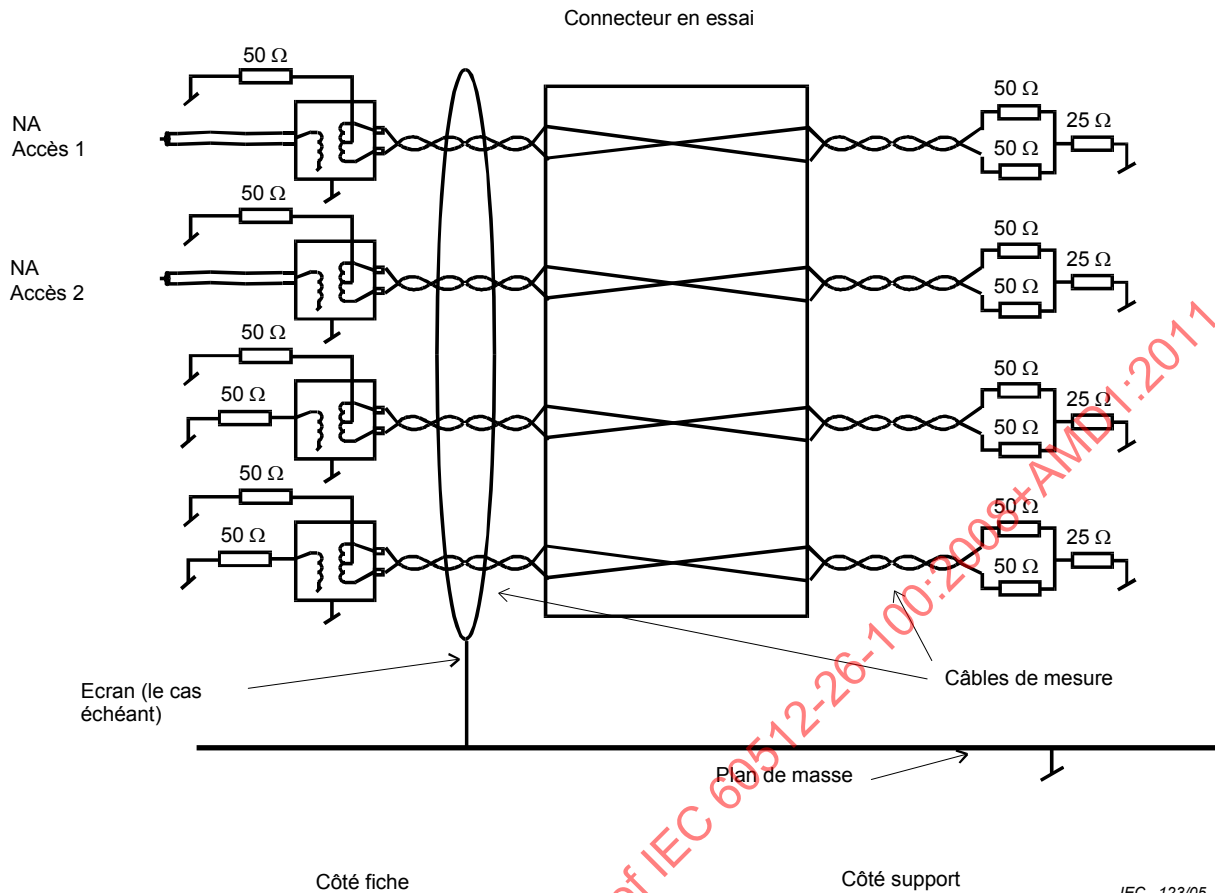
Pour les embases spécifiées jusqu'à 100 MHz selon la CEI 60603-7-2 ou la CEI 60603-7-3, tous les supports doivent être soumis aux essais avec le jeu complet des 9 fiches d'essai décrites au Tableau 6 et elles doivent satisfaire aux exigences de la spécification particulière appropriée.

4.3.3 Méthode d'essai

La paradiaphonie est évaluée en mesurant les paramètres de diffusion, S_{21} , des combinaisons possibles de paires de conducteurs à une extrémité du connecteur accouplé, tandis que les autres extrémités des paires sont chargées.

4.3.4 Montage d'essai

Le montage d'essai se compose de deux symétriseurs et d'un analyseur de réseau, comme cela est défini à l'Article 3. Une illustration du montage qui montre également les principes de terminaisons est représentée à la Figure 9.



NOTE 1 Les sorties passives peuvent être soit des sorties de symétriseur, soit des sorties résistives.

NOTE 2 La sortie de mode commun de 25 Ω n'est pas une valeur critique, voir la note du paragraphe 3.6.

Figure 9 – Mesure de la paradiaphonie pour les sorties de mode différentiel et de mode commun

4.3.5 Procédure

4.3.5.1 Etalonnage

Au minimum, on doit appliquer un étalonnage direct. Un étalonnage complet sur 2 accès selon 4.1.5.1 est recommandé afin d'améliorer la précision de mesure.

4.3.5.2 Etablissement du plancher de bruit

Le plancher de bruit du montage doit être mesuré. Le niveau du plancher de bruit est déterminé par du bruit blanc qui peut être réduit en augmentant la puissance d'essai et en réduisant la largeur de bande de l'analyseur de réseau et par la diaphonie résiduelle entre les symétriseurs d'essai. Le plancher de bruit doit être mesuré en équipant les symétriseurs de résistances et en réalisant une mesure S_{21} . Le plancher de bruit doit être inférieur de 20 dB à toute limite spécifiée de diaphonie. Si la valeur mesurée est à moins de 10 dB du plancher de bruit, ceci doit être consigné.

NOTE Pour les valeurs de diaphonie élevées, il peut être nécessaire d'écranter les résistances de sortie.

4.3.5.3 Mesure

Connecter la paire perturbatrice du connecteur en essai (CUT; en anglais *connector under test*) à la source de signal et la paire perturbée à l'accès de réception.

Réaliser le montage comme à la Figure 9. Il est recommandé que le support soit terminé avec des paires courtes séparées sans gaine. Soumettre aux essais toutes les combinaisons possibles de paires⁴ et consigner les résultats.

Le connecteur en essai doit être soumis aux essais avec les sorties de mode différentiel et de mode commun.

Les sorties de mode différentiel et de mode commun doivent être fournies sur au moins une extrémité de chaque paire, y compris les paires inutilisées. Il peut s'agir de l'extrémité proche ou éloignée. Des sorties différentielles doivent être fournies aux deux extrémités. En option, des sorties de mode différentiel et de mode commun peuvent être fournies à chaque extrémité de toutes les paires, comme représenté à la Figure 9.

Les mesures doivent être réalisées à partir des deux extrémités du connecteur accouplé. Un connecteur étant un dispositif à faible perte, les valeurs de paradiaphonie des deux extrémités sont pratiquement égales.

Les performances des connecteurs modulaires doivent être qualifiées avec l'ensemble des fiches d'essai dans toutes les combinaisons de paires. Cela signifie que chaque combinaison de paires de chaque connecteur modulaire sera soumise aux essais avec deux fiches du cas le plus défavorable représentant l'exigence de paradiaphonie de la limite inférieure et de la limite supérieure sur les combinaisons de paires 1,2-3,6; 3,6-4,5; et 3,6-7,8.

4.3.6 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.3.7 Précision

La précision doit être supérieure à ± 1 dB pour les mesures jusqu'à 60 dB et à ± 2 dB pour les mesures jusqu'à 85 dB.

4.4 Télédiaphonie (FEXT, en anglais *Far-end crosstalk*), Essai 26d

4.4.1 Objet

Cette procédure d'essai a pour objet la mesure de l'amplitude du couplage électrique et magnétique entre des paires de connecteurs accouplés actifs (perturbateurs) et passifs (perturbés).

4.4.2 Combinaisons d'embases et de fiches à soumettre aux essais

Les performances des embases sur toutes les combinaisons de paires doivent être qualifiées avec au moins une fiche d'essai, avec des valeurs dans les limites définies par les cas les plus défavorables des exigences de paradiaphonie de 5.1.4 et des exigences de télédiaphonie de 5.2.4.

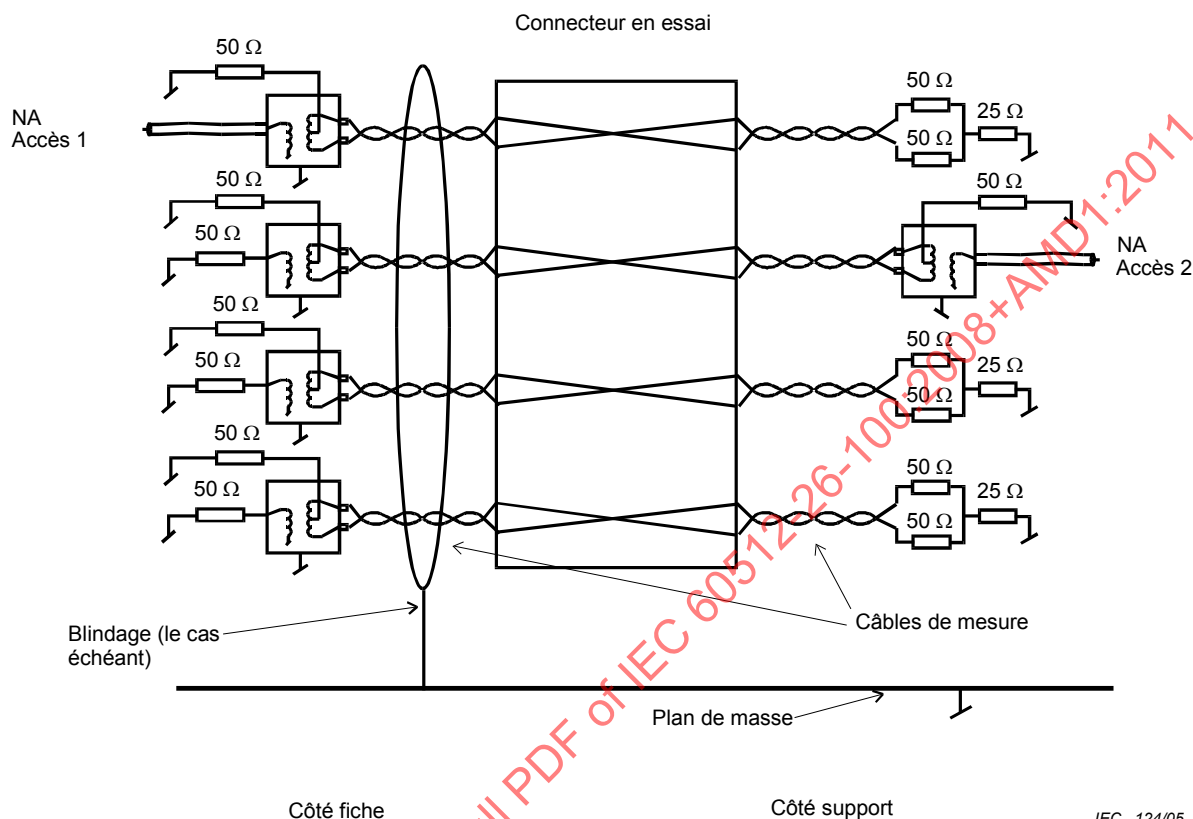
4.4.3 Méthode d'essai

La télédiaphonie est évaluée en mesurant les paramètres de diffusion S_{21} , à l'extrémité éloignée d'une paire lorsque le signal est appliqué à l'extrémité proche de toute autre paire possible du connecteur accouplé.

⁴ Il existe 6 combinaisons différentes de paradiaphonie dans un connecteur de quatre paires de chaque côté ce qui donne un total de 12 mesures pour chaque type de méthode de terminaison.

4.4.4 Montage d'essai

Le montage d'essai se compose de deux symétriseurs et d'un analyseur de réseau comme défini en 3.1. Une illustration du montage qui montre également les principes de terminaison est donnée à la Figure 10.



NOTE Les sorties passives peuvent être soit des sorties de symétriseur, soit des charges résistives.

Figure 10 – Mesure de la télédiaphonie pour les sorties de mode différentiel et de mode commun

4.4.5 Procédure

4.4.5.1 Etalonnage

L'étalonnage est réalisé comme représenté en 4.3.5.1.

4.4.5.2 Etablissement du plancher de bruit

Le plancher de bruit du montage est établi comme représenté en 4.3.5.2.

4.4.5.3 Mesure

Connecter la paire perturbatrice du connecteur en essai à la source de signal et la paire perturbée à l'accès de réception.

Les sorties de mode différentiel et de mode commun doivent être fournies sur au moins une extrémité de chaque paire, y compris les paires inutilisées. Il peut s'agir de l'extrémité proche ou éloignée. Des sorties différentielles doivent être fournies aux deux extrémités.

Terminer comme précisé à la Figure 10. Il est recommandé que le support soit terminé avec des paires courtes séparées sans gaine. Soumettre aux essais toutes les combinaisons possibles de paires⁵ et consigner les résultats.

4.4.6 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.4.7 Précision

La précision doit être supérieure à ± 1 dB pour les mesures jusqu'à 60 dB et à ± 2 dB pour les mesures jusqu'à 85 dB.

4.5 Impédance de transfert (Z_T), Essai 26e

4.5.1 Objet

Cet essai est destiné à mesurer l'impédance de transfert de l'éprouvette. L'impédance de transfert Z_T [Ω] d'un connecteur uniforme électriquement court est définie comme le quotient de la tension longitudinale dans le système extérieur sur le courant dans le système intérieur.

4.5.2 Méthode d'essai

L'essai détermine l'impédance de transfert du connecteur écranté en mesurant le connecteur dans un montage d'essai à trois axes. Ce montage est également utilisé pour la mesure de l'impédance de transfert des câbles (série CEI 61196).

4.5.3 Définitions

4.5.3.1 Circuit intérieur et extérieur

Le circuit intérieur comprend les écrans et les conducteurs de l'éprouvette. Les tensions et les courants du circuit intérieur sont indiqués par un indice 1. Le circuit extérieur comprend la surface extérieure de l'écran et la surface intérieure du tube d'essai (triaxial). Les tensions et les courants du circuit extérieur sont indiqués par un indice 2.

4.5.3.2 Longueur de couplage

Deux câbles du montage d'essai se terminent au connecteur en essai. La longueur combinée du connecteur et du câble qui est à l'intérieur du tube triaxial est appelée longueur de couplage. La longueur de couplage maximale admissible dépend de la fréquence la plus élevée à mesurer:

$$L_{c,max} \leq \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{\epsilon_{r1}} \times f_{max}} \quad (5)$$

où:

$L_{c,max}$ est la longueur maximale de couplage;

f_{max} est la fréquence la plus élevée;

ϵ_{r1} est la permittivité relative obtenue à partir du diélectrique du câble de connexion.

⁵ Il existe 12 combinaisons différentes pour la télédiaphonie dans un connecteur de quatre paires, ce qui donne un total de 12 mesures pour chaque méthode de terminaison.

La condition signifie que le produit de la constante de phase du câble et de la longueur est inférieur à 1.

4.5.4 Montage d'essai

4.5.4.1 Préparation de l'éprouvette

Le principe de préparation de l'éprouvette est montré à la Figure 11.

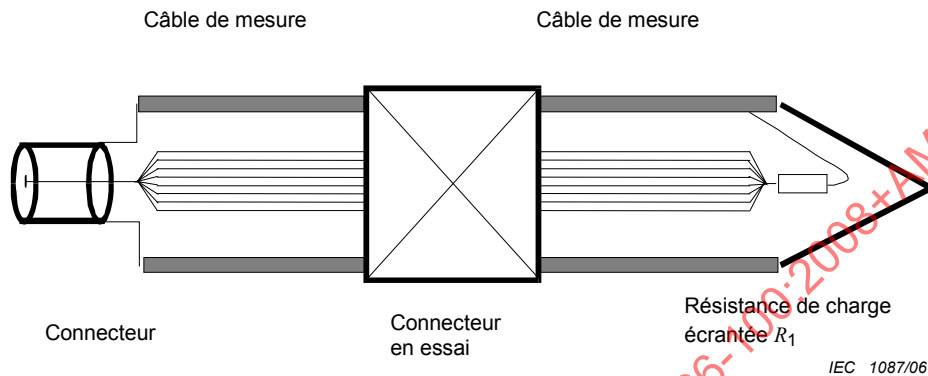


Figure 11 – Préparation de l'éprouvette

Des câbles de mesure qui assurent des performances de câblage symétrique de classe D, E ou F conformes à la norme ISO/CEI 11801, selon ce qui est prescrit par le fabricant, doivent équiper les sorties de l'éprouvette.

La longueur du câble de mesure doit être de 7 cm. La longueur du tube détermine la longueur de l'autre câble de mesure. Les conducteurs de signal des câbles de mesure doivent être connectés ensemble aux deux extrémités. Le câble de mesure court doit être terminé par R_1 , (voir 4.5.4.4), qui doit être placée entre les conducteurs internes et les écrans de câble. R_1 doit être équipée d'un écran métallique, qui est relié aux écrans du câble de mesure.

4.5.4.2 Montage d'essai triaxial

Le montage d'essai comprend un analyseur de réseau et un montage d'essai triaxial pour mesurer l'impédance de transfert. Le montage d'essai triaxial comprend un tube métallique (par exemple, en laiton), des résistances et des réseau d'adaptation d'impédance.

Le tube métallique est fermé aux deux extrémités avec des éléments métalliques ayant des dispositifs pour le passage de câble. Le diamètre du tube doit être suffisamment grand pour recevoir l'éprouvette. Il convient que la longueur du tube soit de préférence inférieure ou égale à 30 cm. Les indications données en 4.5.4.3 doivent être utilisées pour déterminer la fréquence maximale pour des mesures valables.

~~Les résistances sont des résistances de charge. R_1 est à l'extrémité du circuit intérieur. Cette résistance doit avoir une valeur proche de celle de l'impédance du circuit intérieur (voir 4.5.3.1). L'autre, R_2 , est à l'extrémité du circuit extérieur. La résistance doit avoir une valeur proche de~~

$$R_2 \sim 1,4 \times 60 \times \ln \frac{d_o}{d_c} - 50 \quad (6)$$

où:

d_o est le diamètre interne du tube;

d_c est le diamètre extérieur de l'écran du câble de mesure.

R_1 est la charge à l'extrémité du circuit intérieur, et sa valeur est choisie de façon à être à $\pm 2\%$ de Z_1 , l'impédance du circuit intérieur (voir 4.5.4.3.2), en utilisant une ou plusieurs résistances de valeurs standards.

R_2 est la charge à l'extrémité du circuit extérieur, et sa valeur est choisie de façon à être à $\pm 2\%$ de la valeur déterminée par (en utilisant une ou plusieurs résistances de valeurs standards):

$$R_2 = Z_2 - 50$$

Z_2 étant l'impédance du circuit extérieur (voir 4.5.4.3.3)

L'éprouvette doit être montée au centre du tube. (Elle peut être sur un support en mousse plastique).

Le montage d'essai doit être connecté à l'analyseur de réseau par un réseau d'adaptation d'impédance. Le réseau d'adaptation d'impédance est un réseau à perte minimale à deux résistances, qui adapte le circuit intérieur à l'impédance de l'accès d'analyseur de réseau (voir paragraphe 4.5.3.1). La Figure 12 représente le montage triaxial complet.

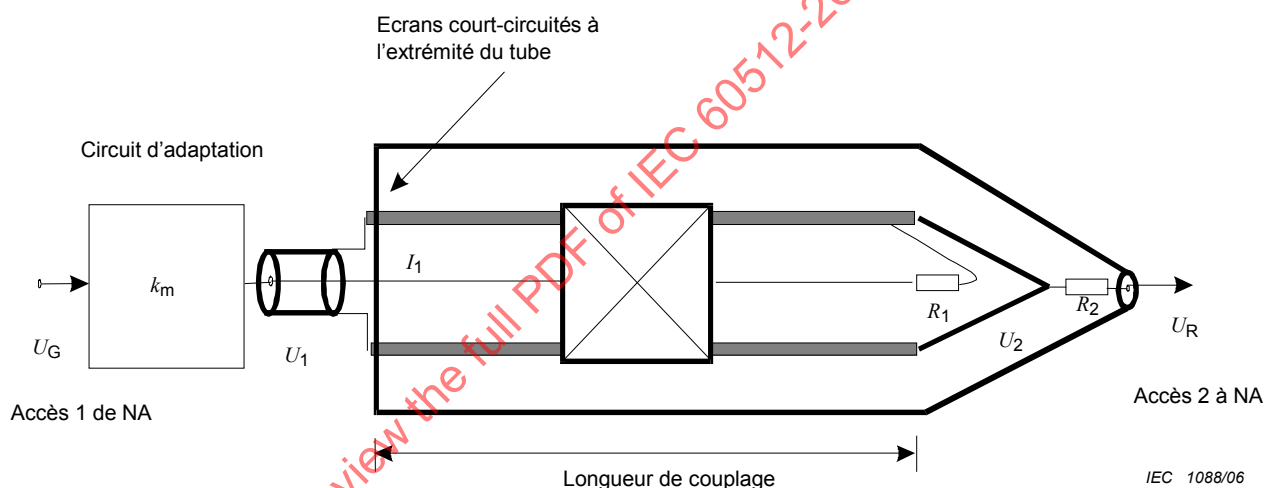


Figure 12 – Montage d'essai triaxial

4.5.4.3 Impédances des circuits intérieurs et extérieurs

Si l'impédance Z_1 du circuit intérieur n'est pas connue, elle peut être déterminée en utilisant la méthode suivante:

Une extrémité de l'échantillon préparé est connectée à un analyseur de réseau qui est étalonné pour les mesures d'impédance au plan de référence d'échantillon. La fréquence d'essai doit être environ la fréquence pour laquelle la longueur de l'échantillon est de $1/8 \lambda$, où λ est la longueur d'onde.

$$f_{\text{essai}} \approx \frac{c}{1,5 \times 8 L_{\text{échantillon}}} \quad (7)$$

où:

f_{essai} est la fréquence d'essai;

c est la vitesse de la lumière;

$L_{\text{échantillon}}$ est la longueur de l'échantillon.

~~L'échantillon est court-circuité à l'extrémité éloignée. L'impédance $Z_{\text{court-circuit}}$ est mesurée.~~

~~L'échantillon est laissé ouvert au point où il a été court-circuité. L'impédance Z_{ouvert} est mesurée.~~

~~Z_1 est calculée comme:~~

$$~~Z_1 = \sqrt{Z_{\text{court-circuit}} \times Z_{\text{ouvert}}} \quad (8)~~$$

~~R_1 est choisie comme une résistance de valeur normalisée, dont la résistance est proche de ($< 20\%$) Z_1 .~~

4.5.4.3.1 Généralités

Quand l'impédance du circuit intérieur (Z_1) ou l'impédance du circuit extérieur (Z_2) ne sont pas connues, l'impédance du circuit intérieur doit être déterminée selon 4.5.4.3.2, et l'impédance du circuit extérieur doit être déterminée selon 4.5.4.3.3.

Les mesures doivent être réalisées en préparant l'échantillon (pour la mesure de l'impédance du circuit intérieur), ou en préparant l'échantillon dans la tube métallique (pour la mesure de l'impédance du circuit extérieur), et en le connectant à un analyseur de réseau (ou tout autre système de mesure approprié) qui a été calibré pour des mesures d'impédance au niveau des plans de référence de l'échantillon et du tube métallique respectivement. Les fréquences d'essais doivent être approximativement les valeurs pour lesquelles la longueur de l'échantillon est $\frac{1}{8} \lambda$, λ étant la longueur d'onde.

$$f_{\text{essai}} \sim \frac{c}{1,5 \times 8 \times L_{\text{échantillon}}}$$

où

f_{essai} est la fréquence d'essai
 c est la vitesse de la lumière
 $L_{\text{échantillon}}$ est la longueur de l'échantillon

4.5.4.3.2 Mesure de l'impédance du circuit intérieur

L'impédance du circuit intérieur en court-circuit ($Z_{1 \text{ short}}$) est mesurée en court-circuitant l'extrémité éloignée de l'échantillon préparé.

L'impédance du circuit intérieur en circuit ouvert ($Z_{1 \text{ open}}$) est mesurée en laissant l'extrémité éloignée de l'échantillon préparé ouverte, au même point que là où il a été court-circuité pour la mesure de l'impédance du circuit intérieur en court-circuit.

L'impédance du circuit intérieur est calculée par:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{1 \text{ short}} \times Z_{1 \text{ open}}}$$

4.5.4.3.3 Mesure de l'impédance du circuit extérieur

L'impédance du circuit extérieur est mesurée à partir du port 2 de l'analyseur de réseau, avec la charge du circuit extérieur (R_2) mise à 0, c'est-à-dire en court-circuit (voir Figure 12).

L'impédance du circuit extérieur en court-circuit ($Z_{2 \text{ short}}$) est mesurée en court-circuitant l'extrémité éloignée du tube métallique à l'écran de l'échantillon préparé (tel que présenté Figure 12).

L'impédance du circuit extérieur en circuit ouvert ($Z_{2 \text{ open}}$) est mesurée en laissant l'extrémité éloignée du tube métallique non reliée à l'écran de l'échantillon préparé, au même point que là où il a été court-circuité pour la mesure de l'impédance du circuit extérieur en court-circuit. Il est recommandé que l'échantillon préparé soit maintenu en place en utilisant un support d'isolation diélectrique à l'intérieur du tube métallique, approximativement à la même position que celle qu'il occupait pendant la mesure de l'impédance de transfert.

L'impédance du circuit extérieur est calculée par:

$$Z_2 = \sqrt{Z_{2 \text{ short}} \times Z_{2 \text{ open}}}$$

4.5.4.4 Réseaux d'adaptation d'impédance

4.5.4.4.1 Configuration

Si R_1 n'est pas égale à 50Ω ⁶ alors un circuit d'adaptation d'impédance est nécessaire. Il doit être mis en place sous la forme d'un circuit à deux résistances avec une résistance série, R_s , et une résistance parallèle R_p . La valeur des résistances et des configurations est donnée en 4.5.4.2 et 4.5.4.3. Le gain de tension, k_m , est également représenté pour chaque configuration.

4.5.4.4.2 $R_1 < 50 \Omega$

Si l'impédance du système intérieur, et par conséquent R_1 est inférieure à 50Ω on utilise les formules ci-dessous.

$$R_s = 50 \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}} \quad (9)$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}} \quad (10)$$

⁶ Pour $40 < Z_1 < 60$, un circuit d'adaptation d'impédance n'est pas nécessaire. Dans ce cas R_1 est réglé sur 50Ω .

La configuration est donnée à la Figure 13:

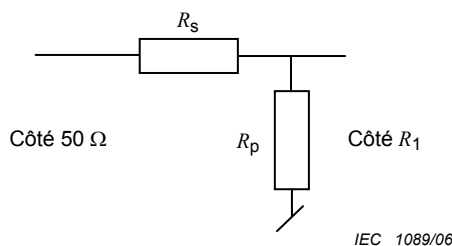


Figure 13 – Adaptation d'impédance pour $R_1 < 50 \Omega$

Le gain de tension, k_m du circuit est:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s} \quad (11)$$

4.5.4.4.3 $R_1 > 50 \Omega$

Si l'impédance du système intérieur, et par conséquent R_1 est supérieure à 50 Ω , on utilise les formules ci-dessous.

$$R_s = R_1 \sqrt{1 - \frac{50}{R_1}} \quad (12)$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}} \quad (13)$$

La configuration est donnée à la Figure 14:

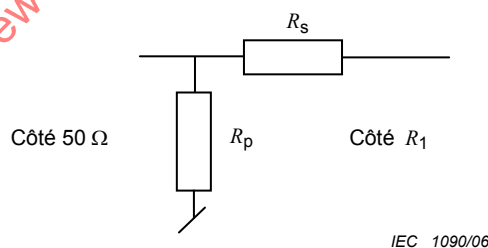


Figure 14 – Adaptation d'impédance pour $R_1 > 50 \Omega$

Le gain de tension, k_m du circuit est:

$$k_m = \frac{R_1}{R_s + R_1} \quad (14)$$

4.5.5 Procédure

4.5.5.1 Etalonnage

Les deux câbles coaxiaux de mesure qui connectent le montage d'essai à trois axes à l'analyseur de réseau sont connectés ensemble et on réalise un étalonnage direct.

4.5.5.2 Mesure

La perte d'insertion du montage d'essai à trois axes est mesurée de la fréquence la plus faible pour laquelle l'analyseur de réseau fonctionne à la fréquence de spécification la plus élevée de la spécification particulière applicable.

4.5.5.3 Evaluation des résultats d'essais

4.5.5.3.1 Généralités

L'essai mesure l'impédance de transfert de l'éprouvette complète y compris les parties du ou des câbles en extrémité, qui sont exposées dans le tube. Si les impédances de transfert du ou des câbles en extrémité ne sont pas négligeables, ces impédances doivent être déduites du résultat (voir 4.5.5.3.3).

4.5.5.3.2 Calcul de l'impédance de transfert

Selon la définition:

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (15)$$

où:

U_2 est la tension dans le système extérieur;

I_1 est le courant dans le système intérieur.

Avec référence à la Figure 12:

$$U_R = \frac{50}{50 + R_2} \times U_2 \quad (16)$$

ou

$$U_2 = \frac{50 + R_2}{50} \times U_R \quad (17)$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{k_m \times U_G}{R_1} \quad (18)$$

pour $Z_T \ll R_1$

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} = \frac{R_1 \times (50 + R_2)}{50 k_m} \times \frac{U_R}{U_G} \quad (19)$$

$$Z_T = \frac{R_1 \times (50 + R_2)}{50 k_m} 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{mes}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}} \quad (20)$$

où:

Z_T est l'impédance de transfert;

a_{mes} est l'affaiblissement mesuré au cours de la procédure de mesure;

R_1 est la résistance de charge dans le système intérieur;

R_2 est la résistance de charge dans le système extérieur;

k_m est le gain de tension du circuit d'adaptation (voir 4.5.4.4).

4.5.5.3.3 Correction pour l'impédance de transfert des câbles de mesure

Si l'impédance de transfert des câbles de mesure n'est pas négligeable, l'impédance de transfert de la longueur exposée du câble de mesure doit être déduite du résultat.

L'impédance de transfert du câble doit être mesurée dans le même montage que celui utilisé pour mesurer l'éprouvette. L'impédance de transfert calculée doit être corrigée pour la longueur de couplage de l'échantillon de câble en essai en divisant le résultat par la longueur de couplage, L_c . L'impédance de transfert calculée du câble a la dimension de Ω/m . La correction qui doit être déduite de la valeur mesurée Z_T est alors l'impédance de transfert de la longueur du ou des câble(s) d'extrémité exposé(s) dans l'éprouvette. A savoir:

$$Z_{T_con} = Z_T - Z_{T_cable1} \times L_1 - Z_{T_cable2} \times L_2 \quad (21)$$

où:

Z_{T_con} est l'impédance de transfert du connecteur en essai;

Z_T est l'impédance de transfert de l'éprouvette;

Z_{T_cable1} est l'impédance de transfert du câble de mesure 1;

L_1 est la longueur du câble de mesure 1;

Z_{T_cable2} est l'impédance de transfert du câble de mesure 2 si applicable;

L_2 est la longueur du câble de mesure 2.

4.5.6 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit enregistrer les résultats d'essai dans un tableau ou sous forme de graphique, selon la spécification particulière applicable, en donnant Z_T en fonction de la fréquence. Le rapport doit conclure si les exigences de la spécification connecteur applicable sont satisfaites.

4.5.7 Précision

On doit montrer que la précision est meilleure que $\pm 10 \text{ m}\Omega$.

4.6 Perte de conversion transverse (TCL, en anglais *Transverse Conversion Loss*), Essai 26f

4.6.1 Objet

Cet essai est destiné à mesurer la conversion de mode (différentiel en commun) à l'extrémité proche d'un signal dans les paires de conducteurs du connecteur en essai. Ceci est également appelé affaiblissement de déséquilibre ou perte de conversion transverse, TCL.

4.6.2 Méthode d'essai

La symétrie est évaluée en mesurant la partie de mode commun du côté proche d'un signal en mode différentiel qui est inséré dans l'une des paires de conducteur du connecteur en essai.

4.6.3 Montage d'essai

Ce montage d'essai se compose d'un analyseur de réseau et d'un symétriseur avec un accès d'essai de mode différentiel et de mode commun. Une illustration du montage qui montre également les principes de terminaison est donnée à la Figure 15.

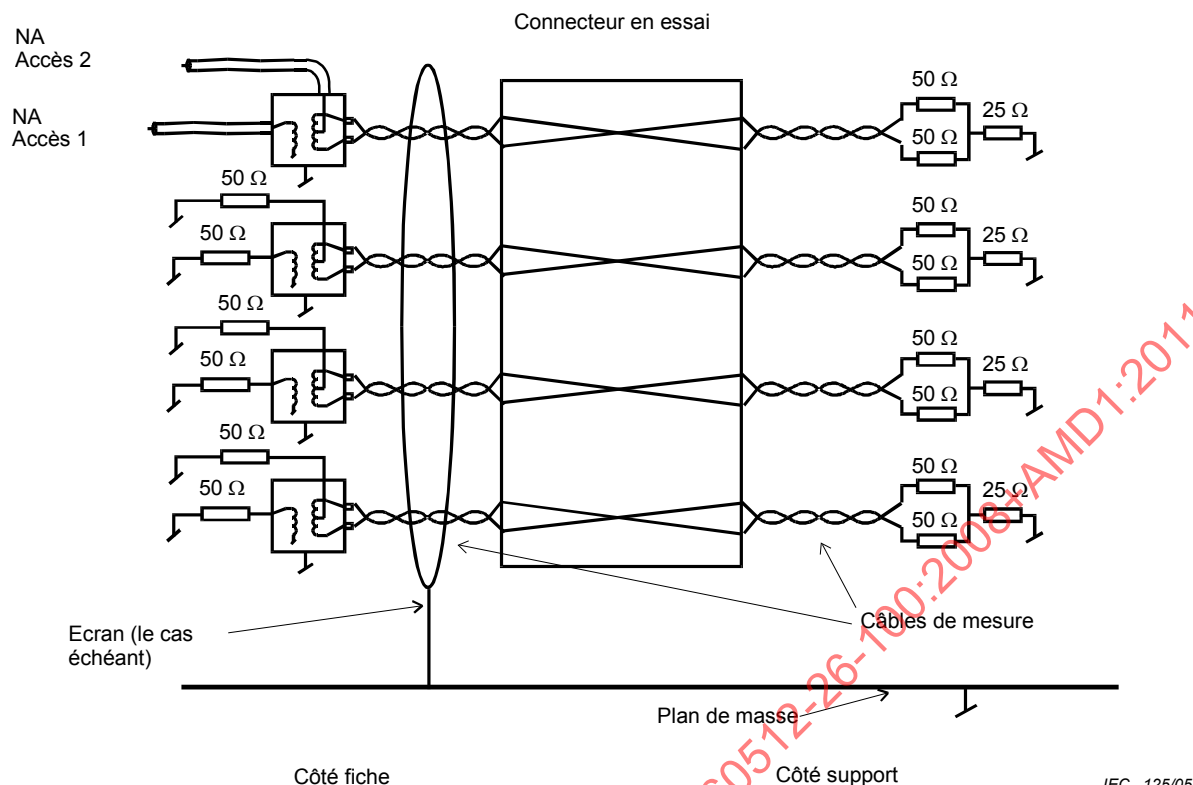


Figure 15 – Mesure de la TCL

NOTE Les sorties passives peuvent être soit des sorties de symétriseur, soit des charges résistives.

4.6.4 Procédure

4.6.4.1 Etalonnage

L'étalonnage est réalisé en trois étapes.

- L'affaiblissement des fils d'essai coaxiaux par rapport à l'analyseur de réseau est étalonné en réalisant un étalonnage direct avec ces fils d'essai connectés ensemble.
- L'affaiblissement de signaux différentiels du symétriseur d'essai, $a_{\text{bal,DM}}$ est mesuré en connectant deux symétriseurs identiques dos à dos. La perte d'insertion de ces symétriseurs est mesurée et la moitié de celle-ci est la perte d'insertion du symétriseur pour un signal différentiel.
- L'affaiblissement des signaux de mode commun du symétriseur d'essai, $a_{\text{bal,CM}}$ est mesuré en mesurant la perte d'insertion de l'accès d'essai de mode commun du symétriseur aux bornes de sortie différentielle. Les deux bornes de sortie différentielle doivent être court-circuitées et connectées au conducteur intérieur du fil d'essai coaxial vers l'analyseur de réseau.

4.6.4.2 Plancher de bruit

Le plancher de bruit du montage doit être mesuré. Le niveau du plancher de bruit est déterminé par du bruit blanc qui peut être réduit en augmentant la puissance d'essai et en réduisant la largeur de bande de l'analyseur de réseau et par la symétrie longitudinale (voir Tableau 1) du symétriseur d'essai.

Le plancher de bruit, $a_{\text{bruit,m}}$ doit être mesuré en terminant la sortie différentielle du symétriseur avec une résistance de 100 Ω et en réalisant une mesure de S_{21} entre l'accès de mode différentiel et l'accès de mode commun du symétriseur. a_{bruit} est calculé comme suit

$$a_{\text{bruit},m} = -20 \log |S_{21}| \quad (22)$$

$$a_{\text{bruit}} = a_{\text{bruit},m} - a_{\text{bal},DM} - a_{\text{bal},CM} \quad (23)$$

Le plancher de bruit doit être de 20 dB inférieur à toute limite spécifiée de symétrie. Si la valeur mesurée est à moins de 10 dB du plancher de bruit, ceci doit être consigné.

4.6.4.3 Mesure

Connecter la paire mesurée du connecteur en essai à la sortie différentielle du symétriseur d'essai. Terminer le connecteur en essai conformément en 4.6.3. Réaliser une mesure S_{21} entre l'accès d'essai de mode différentiel et l'accès de mode commun du symétriseur. La symétrie, TCL est calculée comme suit

$$a_{\text{mes}} = -20 \log |S_{21}| \quad (24)$$

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

4.6.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.6.6 Précision

La précision doit être supérieure à ± 1 dB à la limite de spécification.

4.7 Perte de transfert de conversion transverse (TCTL, en anglais *Transverse Conversion Transfer Loss*), Essai 26g

4.7.1 Objet

Cet essai est destiné à mesurer la conversion de mode (mode différentiel en mode commun) à l'extrémité éloignée d'un signal dans les paires de conducteurs du connecteur en essai. Cette propriété est également appelée Perte de transfert de conversion transverse.

4.7.2 Méthode d'essai

La symétrie est évaluée en mesurant la partie de mode commun d'un signal en mode différentiel émis du côté éloigné qui est inséré dans l'une des paires de conducteurs du connecteur en essai.

4.7.3 Montage d'essai

Ce montage d'essai se compose d'un analyseur de réseau et d'un symétriseur avec un accès d'essai de mode différentiel et de mode commun. Une illustration du montage qui montre également les principes de terminaison est donnée à la Figure 16.

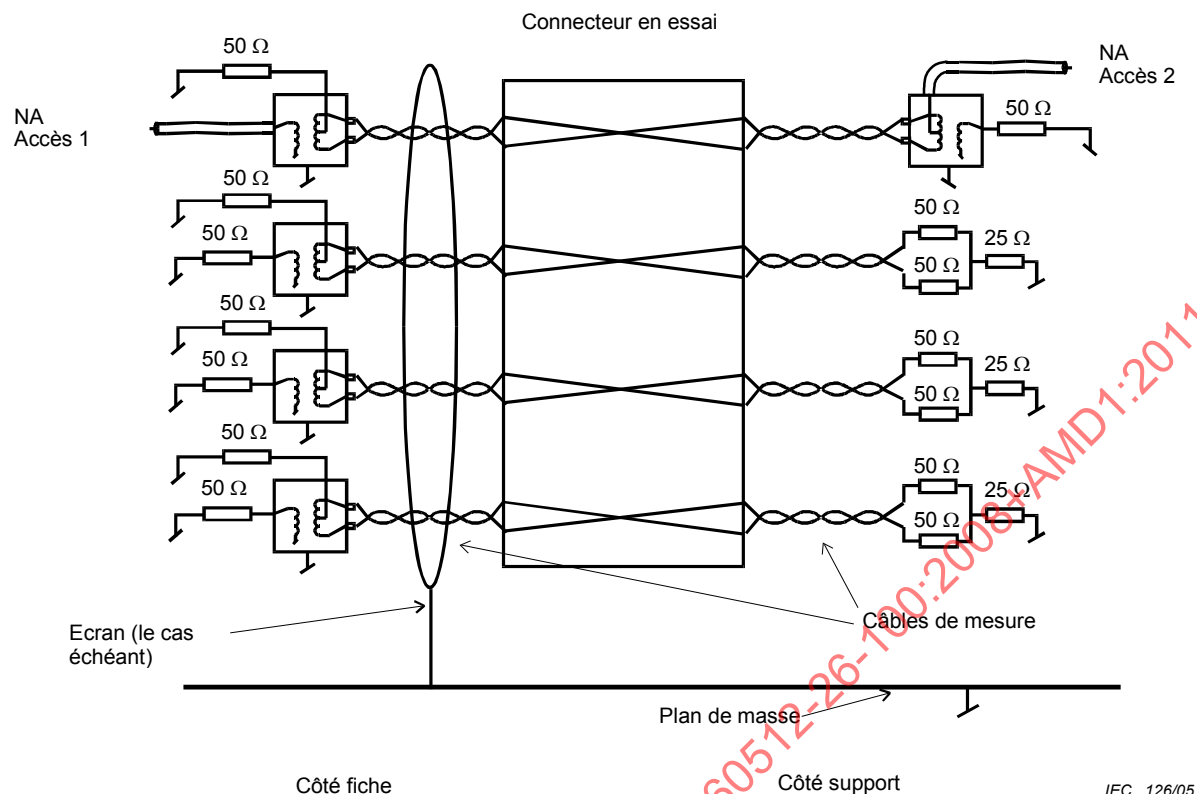


Figure 16 – Measure TCTL

NOTE Les sorties passives peuvent être soit des sorties de symétriseur, soit des charges résistives.

4.7.4 Procédure

4.7.4.1 Etalonnage

L'étalonnage est réalisé comme pour la mesure TCL (voir 4.6.4.1).

4.7.4.2 Plancher de bruit

Les mêmes exigences que celles décrites en 4.6.4.2 pour les mesures TCL s'appliquent.

4.7.4.3 Measure

Connecter la paire mesurée du connecteur en essai à la sortie différentielle du symétriseur d'essai. Terminer le connecteur en essai conformément en 4.7.3. Réaliser une mesure S_{21} entre l'accès d'essai de mode différentiel et l'accès de mode commun du symétriseur. Le facteur de symétrie, $TCTL$ est calculé comme suit:

$$a_{\text{mes}} = -20 \log |S_{21}| \quad (26)$$

$$TCTL = a_{\text{mes}} - a_{\text{bal,DM}} - a_{\text{bal,CM}} \quad (27)$$

4.7.5 Rapport d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous forme de graphiques ou de tableau avec les limites de spécification représentées 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. On doit noter de manière explicite si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

4.7.6 Précision

La précision doit être supérieure à ± 1 dB à la limite de spécification.

5 Construction et qualification des fiches d'essai

5.1 Fiche d'essai pour la paradiaphonie de «désaccouplage»

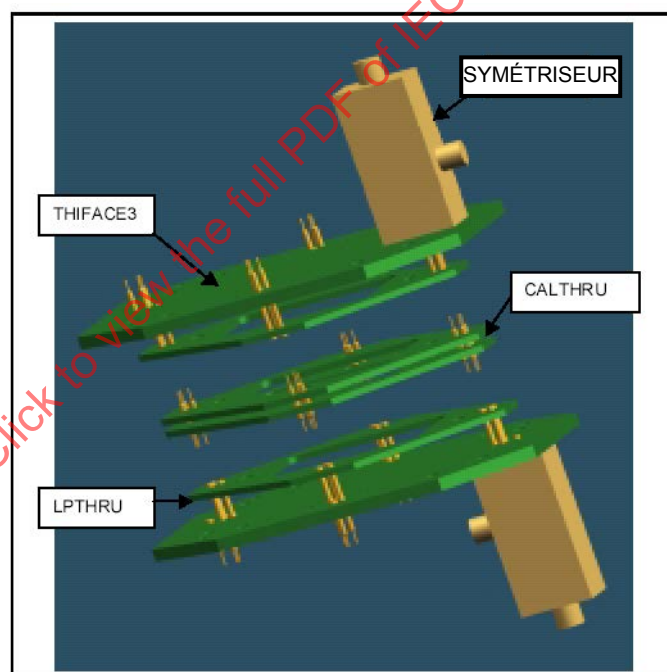
5.1.1 Montage et étalonnage de la fiche de référence

5.1.1.1 Généralités

Dans la mesure où la caractérisation de la fiche de référence nécessite 3 mesures et des soustractions entre les mesures, il est nécessaire de réaliser les 3 mesures aux mêmes fréquences. C'est pourquoi il est suggéré de toujours utiliser un balayage linéaire de 401 points entre 1 MHz et 401 MHz pour la qualification de la fiche d'essai.

5.1.1.2 Etalonnage

Etalonner l'analyseur de réseau en utilisant un étalonnage complet sur 2 accès. Utiliser des circuits ouverts, des courts-circuits et des charges normalisées directement sur le symétriseur. Pour l'étalonnage direct, placer les symétriseurs dos à dos, de manière à maintenir la polarité avec un circuit direct de longueur nulle. Voir la Figure 17. Comme alternative, un circuit direct de longueur non-nulle peut être utilisé et ses effets sont étalonnés.



IEC 115/05

Figure 17 – Etalonnage direct dos à dos (pour plus d'informations, voir l'Annexe A)

5.1.1.3 Extension d'accès

5.1.1.3.1 Généralités

La fonction d'extension d'accès de l'analyseur de réseau peut être utilisée pour situer le plan de référence de la fiche d'essai au niveau de l'interface de la fiche d'essai et de l'embase de référence. Sinon, des composantes réelles et imaginaires en volts/volt peuvent être obtenues

à partir de l'analyseur de réseau et le plan de référence peut être déplacé en post-traitement en utilisant une feuille de calcul.

La constante de temps pour l'extension d'accès doit être déterminée de la manière suivante:

Un étalonnage complet sur 1 accès doit être réalisé pour établir un emplacement de plan de référence au niveau de la connexion au symétriseur. Les réglages de l'analyseur de réseau doivent être suffisants pour obtenir une variation aléatoire maximale de ± 5 ps. Les réglages recommandés sont les suivants:

- La fonction de mesure est le retard S_{11} .
- Moyenner $4\times$ ou plus.
- Largeur de bande de la fréquence intermédiaire (IFBW; en anglais *Intermediate frequency bandwidth*): 300 Hz ou moins.
- Régler le lissage à 10 %.

5.1.1.3.2 Mesures des extensions d'accès

- La fiche d'essai étant connectée aux symétriseurs d'essai, mesurer le retard S_{11} déterminé avec un circuit ouvert aux extrémités de la fiche à 50 MHz (TD_{ouv_50MHz}) et 100 MHz (TD_{ouv_100MHz}) pour chaque paire.
- Placer un court-circuit («short») sur la fiche. Ce court-circuit doit connecter les broches de la paire en essai à l'extrémité de la fiche. Mesurer le retard S_{11} pour chaque paire à 50 MHz (TD_{short_50MHz}) et 100 MHz (TD_{short_100MHz}) en les mettant en court-circuit séquentiellement de cette manière.
- Construire une fiche de rechange. Mesurer le retard de cette fiche de rechange accouplée à l'embase de court-circuit. Ensuite, souder à travers les lames de la fiche de rechange et mesurer son retard en court-circuit S_{11} . Calculer le retard de l'embase de court-circuit comme la différence entre ces retards, avec une tolérance de 5 ps pour le retard dans la soudure sur les paires adjacentes et 15 ps sur la paire séparée 3,6. Adapter les retards mesurés de la fiche d'essai court-circuitée en déduisant le retard de l'embase de court-circuit.
- Le retard pour chaque paire de fils est déterminé par la moyenne des mesures de retard de circuit ouvert et de court-circuit à 50 MHz et 100 MHz (moyennes de 4 nombres).

Ces mesures de retard représentent des retards d'aller-retour. Le retard unidirectionnel est égal à la moitié du retard d'aller-retour S_{11} . Pour les mesures d'affaiblissement paradiaphonique de chaque paire, les retards unidirectionnels des paires de fils concernées par la mesure doivent être utilisés pour régler la grandeur de l'extension d'accès pour chaque accès selon l'équation (28).

$$ExtensionAccès = \frac{TD_{ouv_50\text{ MHz}} + TD_{ouv_100\text{ MHz}} + TD_{short_50\text{ MHz}} + TD_{short_100\text{ MHz}}}{8} \quad (28)$$

NOTE 1 Les mesures du retard dépendent de la proximité avec les plans de masse. Il convient que le positionnement des paires de fils reste aussi constant que possible au cours des mesures.

NOTE 2 La précision de mesure de cette méthode est d'environ 20 ps dans une mesure d'aller-retour correspondant à une distance unidirectionnelle d'environ 2 mm.

Lorsqu'on mesure l'affaiblissement paradiaphonique de la fiche d'essai, les extensions d'accès appropriées doivent être appliquées après étalonnage pour aligner les données de la fiche d'essai accouplée à l'embase de référence et le plan de référence du vecteur d'embase du Tableau 4. Ceci peut être réalisé comme suit:

- Mettre en service les extensions d'accès de l'analyseur de réseau.
- Entrer la constante calculée d'extension d'accès pour chaque accès (1 et 2) du réseau.

5.1.2 Construction de la fiche d'essai

Les fiches d'essai peuvent être obtenues en coupant les extrémités de cordons de brassage ou elles peuvent être réalisées de toute autre manière pratique. Couper les fils de la fiche d'essai de manière à ce que la fiche d'essai s'adapte sur le dispositif de gestion de l'impédance.

5.1.3 Mesure de la paradiaphonie de la fiche d'essai

Lorsqu'on réalise des mesures de paradiaphonie, les câbles d'essai doivent être montés à l'intérieur d'une pyramide, d'une rainure ou d'un autre dispositif pour gérer à la fois leur impédance de mode commun et leur impédance de mode différentiel, voir l'Annexe A pour un exemple de dispositif d'essai.

Pour déterminer les constantes d'extension d'accès, mesurer le retard de la fiche d'essai sur chaque paire comme cela est décrit en 5.1.1.3.

En utilisant les procédures décrites en 4.3, mesurer la paradiaphonie de la fiche d'essai accouplée à l'embase «désaccouplée» de référence selon l'Article 6 sur l'ensemble des 6 combinaisons de paires. Il est suggéré de réduire ou d'éviter complètement les conversions numériques entre les éléments réels et imaginaires et l'amplitude et la phase en considérant les composantes comme réelles et imaginaires.

Utiliser les valeurs données aux Tableaux 4 et 5 pour le vecteur d'embase.

**Tableau 4 – Vecteurs imaginaire et réel pour la NEXT
d'une embase de référence «désaccouplée»**

Paire	Re_J – Coefficient réel du vecteur d'embase de référence (V/V)
	(f = fréquence en MHz)
3,6 – 4,5	$= 5,87 \times 10^{-11} \times f^3 + 2,02 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,10 \times 10^{-6} \times f$
1,2 – 3,6	$= -1,72 \times 10^{-11} \times f^3 + 3,81 \times 10^{-8} \times f^2 - 3,89 \times 10^{-7} \times f$
3,6 – 7,8	$= 1,28 \times 10^{-13} \times f^4 - 2,63 \times 10^{-11} \times f^3 + 5,63 \times 10^{-8} \times f^2 - 3,62 \times 10^{-7} \times f$
1,2 – 4,5	$= 8,73 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,07 \times 10^{-7} \times f$
4,5 – 7,8	$= 2,03 \times 10^{-11} \times f^3 + 5,08 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,25 \times 10^{-7} \times f$
1,2 – 7,8	$= -2,51 \times 10^{-11} \times f^3 + 2,34 \times 10^{-8} \times f^2 - 2,23 \times 10^{-7} \times f$
	Im_J – Coefficient imaginaire du vecteur d'embase de référence (V/V)
	(f = fréquence en MHz)
3,6 – 4,5	$= 3,09 \times 10^{-11} \times f^3 + 1,77 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,47 \times 10^{-6} \times f$
1,2 – 3,6	$= -1,09 \times 10^{-8} \times f^2 + 5,08 \times 10^{-6} \times f$
3,6 – 7,8	$= -1,86 \times 10^{-13} \times f^4 + 9,18 \times 10^{-11} \times f^3 - 9,32 \times 10^{-9} \times f^2 + 2,74 \times 10^{-5} \times f$
1,2 – 4,5	$= -2,68 \times 10^{-11} \times f^3 - 1,20 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,82 \times 10^{-5} \times f$
4,5 – 7,8	$= -1,67 \times 10^{-13} \times f^4 + 8,58 \times 10^{-11} \times f^3 - 2,25 \times 10^{-8} \times f^2 + 4,96 \times 10^{-5} \times f$
1,2 – 7,8	$= 6,01 \times 10^{-14} \times f^4 - 4,58 \times 10^{-11} \times f^3 + 3,32 \times 10^{-10} \times f^2 + 9,12 \times 10^{-6} \times f$
NOTE Les coefficients des vecteurs d'embase de référence du Tableau 4 ont été déduits des mesures moyennes rassemblées en utilisant un montage d'essai à 4 symétriseurs incorporant une adaptation d'impédance pour les fils d'essai avec des sorties de mode commun appliquées uniquement aux paires proches en utilisant l'embase décrite en 6.2.1.	

Tableau 5 – Vecteurs d'une embase de référence de mode différentiel

Paire	Re_J – Coefficient réel du vecteur d'embase de référence (V/V) (f = fréquence en MHz)
3,6–4,5	$= -2,52 \times 10^{-13} \times f^4 + 1,52 \times 10^{-10} \times f^3 - 9,48 \times 10^{-9} \times f^2 + 3,84 \times 10^{-7} \times f$
1,2–3,6	$= 6,88 \times 10^{-13} \times f^4 - 3,41 \times 10^{-10} \times f^3 + 1,09 \times 10^{-7} \times f^2 - 3,43 \times 10^{-6} \times f$
3,6–7,8	$= 3,07 \times 10^{-11} \times f^3 + 7,16 \times 10^{-8} \times f^2 - 1,46 \times 10^{-6} \times f$
1,2–4,5	$= 1,84 \times 10^{-11} \times f^3 + 6,96 \times 10^{-8} \times f^2 + 1,09 \times 10^{-6} \times f$
4,5–7,8	$= 5,45 \times 10^{-8} \times f^2 + 3,57 \times 10^{-7} \times f$
1,2–7,8	$= -1,93 \times 10^{-13} \times f^4 + 8,13 \times 10^{-11} \times f^3 - 2,17 \times 10^{-10} \times f^2 + 5,22 \times 10^{-7} \times f$
	Im_J – Coefficient imaginaire du vecteur d'embase de référence (V/V) (f = fréquence en MHz)
3,6–4,5	$= 8,05 \times 10^{-11} \times f^3 - 7,82 \times 10^{-10} \times f^2 - 3,39 \times 10^{-6} \times f$
1,2–3,6	$= -1,09 \times 10^{-10} \times f^3 + 2,50 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,70 \times 10^{-6} \times f$
3,6–7,8	$= -1,11 \times 10^{-10} \times f^3 + 2,9 \times 10^{-8} \times f^2 + 2,9 \times 10^{-5} \times f$
1,2–4,5	$= -1,11 \times 10^{-8} \times f^2 + 6,62 \times 10^{-5} \times f$
4,5–7,8	$= -2,32 \times 10^{-13} \times f^4 + 1,2 \times 10^{-10} \times f^3 - 3,05 \times 10^{-8} \times f^2 + 4,98 \times 10^{-5} \times f$
1,2–7,8	$= 3,61 \times 10^{-13} \times f^4 - 1,62 \times 10^{-10} \times f^3 + 1,45 \times 10^{-8} \times f^2 + 7,68 \times 10^{-6} \times f$
NOTE Les coefficients du vecteur d'embase de référence du Tableau 5 ont été déduits des mesures moyennes rassemblées en utilisant un montage d'essai à 4 symétriseurs en utilisant l'embase décrite en 6.2.1.	

La paradiaphonie de la fiche d'essai est la différence entre la mesure de la fiche d'essai et le vecteur d'embase.

5.1.4 Exigences relatives à la paradiaphonie de la fiche d'essai

Pour les connecteurs spécifiés jusqu'à 100 MHz selon la CEI 60603-7-2 ou la CEI 60603-7-3, le Tableau 6 s'applique.

Tableau 6 – Limites d'affaiblissement paradiaphonique de la fiche d'essai pour les connecteurs jusqu'à 100 MHz conformes à la CEI 60603-7-2 ou à la CEI 60603-7-3

Cas #	Combinaison de paires	Limite	Limite d'amplitude d'affaiblissement paradiaphonique (dB) ^{a),d),e)}	Limite de phase d'affaiblissement paradiaphonique (degrés) ^{b),c)}
Cas 1	3,6-4,5	Basse	$\leq 34,4 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 3 \times (f/100)$
Cas 2	3,6-4,5	Elevée	$\geq 37,6 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 3 \times (f/100)$
Cas 3	1,2-3,6	Basse	$\leq 42 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Cas 4	1,2-3,6	Elevée	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Cas 5	3,6-7,8	Basse	$\leq 42 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Cas 6	3,6-7,8	Elevée	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	$-90 \pm 10 \times (f/100)$
Cas 7	1,2-4,5	Elevée	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Toute phase
Cas 8	4,5-7,8	Elevée	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Toute phase
Cas 9	1,2-7,8	Elevée	$\geq 50 - 20\log(f/100)$	Toute phase
^{a)} Les limites d'amplitude s'appliquent sur la gamme de fréquences comprise entre 10 MHz et 100 MHz. ^{b)} Les limites de phase s'appliquent sur la gamme de fréquences comprise entre 50 MHz et 100 MHz. ^{c)} Lorsque l'affaiblissement paradiaphonique de la fiche mesuré est supérieur à 70 dB, la limite de phase ne s'applique pas. ^{d)} Lorsqu'un calcul d'affaiblissement paradiaphonique de limite basse donne une valeur supérieure à 70 dB, il ne doit pas y avoir de limite basse pour l'affaiblissement paradiaphonique. ^{e)} Lorsqu'un calcul d'affaiblissement paradiaphonique de limite élevée donne une valeur supérieure à 70 dB, l'affaiblissement paradiaphonique de limite élevée doit revenir à une limite de 70 dB.				

Pour les connecteurs spécifiés jusqu'à 250 MHz selon la CEI 60603-7-4 ou la CEI 60603-7-5, le Tableau 7 s'applique.