

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62153-4-2

Première édition
First edition
2003-10

**Méthodes d'essai des câbles métalliques
de communication –**

**Partie 4-2:
Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Affaiblissement d'écran et de couplage –
Méthode de la pince à injection**

Metallic communication cables test methods –

**Part 4-2:
Electromagnetic compatibility (EMC) –
Screening and coupling attenuation –
Injection clamp method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62153-4-2:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62153-4-2

Première édition
First edition
2003-10

**Méthodes d'essai des câbles métalliques
de communication –**

**Partie 4-2:
Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Affaiblissement d'écran et de couplage –
Méthode de la pince à injection**

Metallic communication cables test methods –

**Part 4-2:
Electromagnetic compatibility (EMC) –
Screening and coupling attenuation –
Injection clamp method**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Termes, définitions et symboles.....	8
3.1 Symboles électriques.....	8
3.2 Définitions	10
4 Principe	12
4.1 Mode injection	12
5 Procédure.....	14
5.1 Equipement d'essai	14
5.2 Préparation de l'échantillon d'essai.....	16
5.2.1 Longueur effective du câble	16
5.2.2 Longueur totale du câble.....	16
5.2.3 Terminaison interne des câbles symétriques.....	16
5.2.4 Terminaison interne des câbles coaxiaux (asymétriques).....	18
5.2.5 Connexion de l'écran	18
5.2.6 Hauteur du câble à l'essai au-dessus du plan de référence.....	18
5.2.7 Plaques de terminaison.....	18
5.2.8 Préparation complète.....	20
5.3 Procédure d'étalonnage.....	20
5.3.1 Raccordement des câbles coaxiaux	20
5.3.2 Pince électromagnétique (EM) à injection	20
5.3.3 Symétriseur (si applicable).....	22
5.4 Procédure de mesure	22
6 Evaluation des résultats d'essai.....	24
7 Exigence.....	24
Figure 1 – Système interne d'un câble à paires torsadées écranté/non écranté.....	26
Figure 2 – Système externe dans le cas d'un câble à paires torsadées non écranté.....	26
Figure 3 – Circuit imprimé possédant des résistances RF-SMD pour le système interne adapté.....	28
Figure 4 – Plaque de terminaison pour l'extrémité adaptée locale et distante	28
Figure 5 – Panneau de terminaison à l'extrémité locale.....	30
Figure 6 – Panneau de terminaison à l'extrémité distante.....	32
Figure 7 – Préparation de l'échantillon d'essai	34
Figure 8 – Affaiblissement fonctionnel du raccordement des câbles coaxiaux	36
Figure 9 – Montage pour l'affaiblissement de référence a_{ref}	38
Figure 10 – Montage pour l'affaiblissement de référence $a_{clamp, ref}$	38
Figure 11 – Affaiblissement individuel fonctionnel de trois symétriseurs (identiques).....	40
Figure 12 – Deux symétriseurs en séries pour une procédure d'étalonnage de substitution non cyclique	40
Figure 13 – Ecart d'affaiblissement comme source d'erreur possible.....	42
Figure 14 – Montage d'essai complet	42
Tableau 1 – Symboles électriques.....	8

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references.....	9
3 Terms, definitions and symbols.....	9
3.1 Electrical symbols.....	9
3.2 Definitions	11
4 Principle	13
4.1 Injecting mode	13
5 Procedure.....	15
5.1 Test equipment.....	15
5.2 Preparation of test sample	17
5.2.1 Effective cable length.....	17
5.2.2 Total cable length	17
5.2.3 Inner termination of balanced cables.....	17
5.2.4 Inner termination of coaxial (unbalanced) cables.....	19
5.2.5 Connection of the screen	19
5.2.6 Height of CUT over the ground plane	19
5.2.7 Termination plates	19
5.2.8 Complete preparation	21
5.3 Calibration procedure	21
5.3.1 Connecting coaxial cables	21
5.3.2 Electromagnetic injection clamp.....	21
5.3.3 Balun (if applicable).....	23
5.4 Measuring procedure	23
6 Evaluation of the test results.....	25
7 Requirement.....	25
Figure 1 – Inner system of a screened/unscreened twisted pair cable	27
Figure 2 – Outer system in case of unscreened twisted pair cable.....	27
Figure 3 – Printed circuit with RF-SMD-resistors for inner system matching	29
Figure 4 – Termination plate for near-end and far-end matching.....	29
Figure 5 – Termination-plate panel at the near end	31
Figure 6 – Termination-plate panel at the far end	33
Figure 7 – Preparation of test sample.....	35
Figure 8 – Operational attenuation of connecting coaxial cables	37
Figure 9 – Set-up for reference attenuation a_{ref}	39
Figure 10 – Set-up for reference attenuation $a_{clamp, ref}$	39
Figure 11 – Individual operational attenuation of three (identical) baluns.....	41
Figure 12 – Two baluns in series for a non-cyclical substitution calibration procedure	41
Figure 13 – Deviation of attenuation as possible error source	43
Figure 14 – Complete test set-up	43
Table 1 – Electrical symbols.....	9

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-2: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran et de couplage – Méthode de la pince à injection

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62153-4-2 a été établie par le sous-comité 46A, Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46A/560/FDIS	46A/578/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-2: Electromagnetic compatibility (EMC) – Screening and coupling attenuation – Injection clamp method

- 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62153-4-2 has been prepared by subcommittee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, r.f. and microwave passive components and accessories.

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

FDIS	Report on voting
46A/560/FDIS	46A/578/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008.
A cette date, la publication sera:

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-2:2003

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-2:2003

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-2: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran et de couplage – Méthode de la pince à injection

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62153 décrit la méthode d'essai de la pince à injection qui détermine l'affaiblissement d'écran (a_s) des câbles coaxiaux et l'affaiblissement de couplage (a_c) des câbles de données, blindés symétriques ou non blindés, dans la plage de fréquence de 30 MHz à 1 000 MHz et dans la plage dynamique jusqu'à 130 dB.

NOTE 1 Contrairement à la méthode de la pince absorbante, la méthode décrite ici utilise une pince à injection conformément à la CEI 61000-4-6.

NOTE 2 Grâce au faible affaiblissement fonctionnel de la pince à injection, l'affaiblissement d'écran et de couplage peuvent être déterminés dans une plage dynamique jusqu'à 130 dB avec un équipement universel de mesure. En utilisant un amplificateur, la plage dynamique peut être encore améliorée.

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 61000-4-6: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

UIT-T Recommandation G.117:1996, *Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*

UIT-T Recommandation O.9:1999, *Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Symboles électriques

Tableau 1 — Symboles électriques

a_{balun}	Affaiblissement fonctionnel du transformateur-symétriseur
a_{cable12}	Affaiblissement fonctionnel du raccordement des câbles coaxiaux
a_c	Affaiblissement de couplage
a_s	Affaiblissement d'écran
a_{cal}	Affaiblissement fonctionnel du montage d'essai
$a_{\text{cal,far}}$	Affaiblissement fonctionnel du montage d'essai pour l'extrémité distante
$a_{\text{cal,near}}$	Affaiblissement fonctionnel du montage d'essai pour l'extrémité locale
a_{clamp}	Affaiblissement fonctionnel de la pince
$a_{\text{clamp,ref}}$	Affaiblissement de référence de la pince pendant l'étalonnage

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-2: Electromagnetic compatibility (EMC) – Screening and coupling attenuation – Injection clamp method

1 Scope

This part of IEC 62153 describes the injection clamp test method which determines the screening attenuation (a_s) of coaxial cables and the coupling attenuation (a_c) of balanced shielded or unshielded data cables in a frequency range from 30 MHz up to 1 000 MHz and in a dynamic range up to 130 dB.

NOTE 1 Contrary to the absorbing clamp method, the method described here uses an injection clamp according to IEC 61000-4-6.

NOTE 2 Due to the low operational attenuation of the injection clamp, the coupling attenuation and the screening attenuation can be determined in a dynamic range up to 130 dB with common measuring equipment. Using an amplifier the dynamic range can be additionally improved.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61000-4-6: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

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

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

3 Terms, definitions and symbols

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

3.1 Electrical symbols

Table 1 – Electrical symbols

a_{balun}	Operational attenuation of the balun transformer
a_{cable12}	Operational attenuation of the connecting coaxial cables
a_c	Coupling attenuation
a_s	Screening attenuation
a_{cal}	Operational attenuation of the test set-up
$a_{\text{cal,far}}$	Operational attenuation of the test set-up for far end
$a_{\text{cal,near}}$	Operational attenuation of the test set-up for near end
a_{clamp}	Operational attenuation of the clamp
$a_{\text{clamp,ref}}$	Reference attenuation of the clamp during calibration
a_{ferrite}	Ferrite common-mode rejection

a_{ferrite}	Réjection en mode commun en ferrite
a_{nm}	Affaiblissement asymétrique du transformateur-symétriseur
a_{un}	Affaiblissement asymétrique du câble à l'essai
a_{CUTlong}	Affaiblissement fonctionnel du câble à l'essai
a_{ref}	Affaiblissement de référence du montage d'étalonnage
CUT	Câble à l'essai
d	Diamètre d'écran
$\epsilon_{\text{r,outer-system}}$	Permittivité relative du diélectrique du système externe
f_{range}	Fréquence
h	Hauteur du centre du câble au-dessus du plan de référence
$P_{\text{in,clamp}}$	Puissance d'alimentation de la pince
$P_{1,\text{max}}$	Puissance maximale reçue par le système interne
$P_{1,\text{near}}$	Puissance reçue par le système interne pour l'extrémité locale
$P_{1,\text{far}}$	Puissance reçue par le système interne pour l'extrémité distante
$P_{2\text{com,max}}$	Puissance maximale d'alimentation du système externe
$P_{2\text{com,near}}$	Puissance d'alimentation du système externe pour l'extrémité locale
$P_{2\text{com,far}}$	Puissance d'alimentation du système externe pour l'extrémité distante
R_{cm}	Impédance en mode commun
R_1, R_2	Résistances de terminaisons pour le système interne
R_{term}	Plaques de terminaisons (150 Ω dans la plage de fréquence spécifiée)
$Z_{\text{CUT,inn}}$	Impédance caractéristique du système interne
$Z_{\text{CUT,out}}$	Impédance caractéristique du système externe
$Z_{\text{in, clamp}}$	Impédance d'entrée de la pince (50 Ω)
$Z_{\text{out, clamp}}$	Impédance de sortie de la pince (150 Ω)
$Z_{\text{out,gen}} (Z_0)$	Impédance de sortie du générateur (50 Ω)
Z_{term}	Plaques de terminaisons (150 Ω dans la plage de fréquence spécifiée)

3.2 Définitions

3.2.1

système intérieur

système regroupant le conducteur interne et l'écran pour les câbles coaxiaux et . les deux âmes du conducteur transportant le signal en mode différentiel dans le cas de câbles à paires torsadées (voir Figure 1)

3.2.2

système extérieur

système regroupant l'écran et les alentours pour les câbles coaxiaux et . qui est représenté par la propagation en mode commun entre les deux âmes du conducteur et les alentours dans le cas de câbles à paires torsadées sans écran et par l'écran du câble à l'essai et les alentours dans le cas de câbles à paires torsadées avec écran (voir Figure 2)

3.2.3

affaiblissement d'écran et de couplage

relation entre la puissance transmise à travers le ou les conducteurs et la puissance rayonnée crête maximale, conduite ou générée par les courants d'excitation en mode commun et vice versa

a_{nm}	Unbalance attenuation of the balun transformers
a_{un}	Unbalance attenuation of the CUT
$a_{CUTlong}$	Operational attenuation of the CUT
a_{ref}	Reference attenuation of the calibration set-up
CUT	Cable under test
d	Screen diameter
$\epsilon_{r,outer-system}$	Relative dielectric permittivity of the outer system
f_{range}	Frequency
h	Height of the cable centre above groundplane
$P_{in,clamp}$	Feeding power into clamp
$P_{1,max}$	Max. received power at the inner system
$P_{1,near}$	Received power at the inner system for the near-end position
$P_{1,far}$	Received power at the inner system for the far-end position
$P_{2com,max}$	Max. feeding power of the outer system
$P_{2com,near}$	Feeding power of outer system for the near-end position
$P_{2com,far}$	Feeding power of outer system for the far-end position
R_{cm}	Common-mode impedance
R_1, R_2	Termination resistors for the inner system
R_{term}	Termination plates (150 Ω in the specified frequency range)
$Z_{CUT,inn}$	Characteristic impedance of the inner system
$Z_{CUT,out}$	Characteristic impedance of the outer system
$Z_{in,clamp}$	Input impedance of the clamp (50 Ω)
$Z_{out,clamp}$	Output impedance of the clamp (150 Ω)
$Z_{out,gen} (Z_o)$	Output impedance of the generator (50 Ω)
Z_{term}	Termination plates (150 Ω in the specified frequency range)

3.2 Definitions

3.2.1

inner system

system consisting of the inner conductor and the screen for coaxial lines and of the differential mode signal-carrying two-core conductor for twisted-pair cables (see Figure 1)

3.2.2

outer system

system consisting of the screen and the surrounding for coaxial lines, and represented by the common-mode propagation between the two-core conductor and the surrounding for unscreened twisted-pair cables and by the screen of the CUT and the surrounding for screened twisted-pair cables (see Figure 2)

3.2.3

screening and coupling attenuation

relation between the transmitted power through the conductor(s) and the maximum radiated peak power, conducted and generated by the excited common-mode currents or vice versa

3.2.4

affaiblissement de couplage pour câbles coaxiaux

pour les câbles coaxiaux, l'affaiblissement de couplage a_c est la même que l'affaiblissement d'écran a_s

En tenant compte des effets maximums des ondes de surface des extrémités locales et distantes, l'affaiblissement de couplage a_c ou l'affaiblissement d'écran a_s est spécifiée par:

$$a_c = a_s = 20 \log_{10} \left(\frac{P_{2com, max}}{P_{1, max}} \right)$$

où

$P_{1, max}$ est la puissance maximale reçue par le système interne;

$P_{2com, max}$ est la puissance maximale d'alimentation du système externe.

3.2.5

affaiblissement de couplage pour câbles symétriques

pour les câbles symétriques avec écran, l'affaiblissement de couplage a_c est la somme de l'affaiblissement d'écran a_s et de l'affaiblissement asymétrique a_{un} .

$$a_c = a_s + a_{un}$$

Pour les câbles symétriques sans écran, l'affaiblissement de couplage a_c est égale à l'affaiblissement asymétrique a_{un} .

$$a_c = a_{un}$$

4 Principe

En utilisant une pince à injection conformément à la CEI 61000-4-6, cela est équivalent à condition que la puissance soit injectée ou détectée dans le circuit externe (loi de la réciprocité). Afin de qualifier les câbles à haute performance et d'atteindre des plages dynamiques élevées, il convient que la puissance soit injectée dans le circuit externe. Lorsque le câble à l'essai donne un affaiblissement de couplage inférieure à 90 dB, le mode inverse (en détection) est aussi possible.

Lors de l'essai des câbles à haute performance en mode injection, l'utilisation d'une chambre blindée est recommandée.

4.1 Mode injection

Dans la suite, le mode injection pourra être utilisé pour décrire le principe de la méthode lors de la détermination de l'affaiblissement de couplage.

Un champ électromagnétique en mode commun est injecté dans le circuit externe (secondaire) d'un câble grâce à une pince à injection, pendant que le signal est détecté dans le circuit interne (primaire). Dans le cas de câbles symétriques, le signal en mode différentiel résultant est détecté, dans le circuit interne, à l'aide d'un transformateur-symétriseur parfaitement symétrique.

Pour prévenir les réflexions, le système externe est parfaitement adapté par deux plaques de terminaison, distantes de 6 m, placées aux deux extrémités (extrémité locale et extrémité distante) du montage d'essai. Le système interne du câble à l'essai est adapté à l'extrémité locale avec le coté symétrique d'un transformateur-symétriseur. L'extrémité distante est adaptée à travers le câble à l'essai par sa propre impédance avec en plus une résistance montée en surface (SMD) en forme de V. Le câble à l'essai est fixé au-dessus de la totalité du montage d'essai et de telle sorte que la distance entre le câble à l'essai et le plan de référence relatif du montage reste constant de façon à garder un système secondaire homogène.

3.2.4

coupling attenuation for coaxial cables

for coaxial cables coupling attenuation a_c is the same as screening attenuation a_s

Taking into account the maximum effect of either near- or far-end surface waves, the coupling attenuation a_c or screening attenuation a_s is specified by

$$a_c = a_s = 20 \log_{10} \left(\frac{P_{2com, max}}{P_{1, max}} \right)$$

where

$P_{1, max}$ is the maximum received power at the inner system;

$P_{2com, max}$ is the maximum feeding power of the outer system.

3.2.5

coupling attenuation for balanced cables

for screened balanced cables the coupling attenuation a_c is the sum of screening attenuation a_s and unbalance attenuation a_{un} .

$$a_c = a_s + a_{un}$$

For unscreened balanced cables the coupling attenuation a_c is equal to the unbalance attenuation a_{un} .

$$a_c = a_{un}$$

4 Principle

Using an injection clamp according to IEC 61000-4-6, it is equivalent if the power is injected or detected in the outer circuit (law of reciprocity). To qualify high-performance cables and to reach the high dynamic range, the power should be injected into the outer circuit. When testing CUT with a coupling attenuation of less than 90 dB the reverse (detecting) mode is also possible.

When testing high-performance cables in the injecting mode, the use of a screened chamber is recommended.

4.1 Injecting mode

In the following, the injecting mode will be used to describe the principle of the method when determining coupling attenuation.

A common-mode electromagnetic field is injected into the outer (secondary) circuit of the cable via an injection clamp, while the signal in the inner (primary) circuit is detected. In the case of balanced cables the resulting differential-mode signal in the inner system is detected via a well-balanced balun transformer.

To prevent reflections, the outer system is well matched by two termination plates, which are placed at the near end and at the far end of the 6 m extended test set-up. The inner system of the CUT is matched at the near end with the balanced circuit side of the balun transformer. The far end is matched through the CUT by its own impedance plus a V-form SMD resistor. Over the whole length of the test set-up the CUT is fixed so that the distance between the CUT and the corresponding set-up ground plane will be constant to assure a homogeneous secondary system.

5 Procédure

5.1 Equipement d'essai

Le montage d'essai est constitué de:

- a) une table, d'au moins 6 m de long, équipée d'une feuille de cuivre d'au moins 0,15 m d'épaisseur à conductivité haute, servant de plan de référence relatif;

deux plaques verticales de cuivre (0,25 m × 0,35 m), placées à chaque extrémité de la table. Des panneaux de terminaison sont placés sur ces plaques verticales de cuivre, plaques connectées au plan horizontal de référence de la table.

Dans le cas d'un câble à l'essai non suspendu, l'utilisation de plateaux en balsa ou en mousse est recommandée en raison de la faible valeur demandée pour la constante diélectrique ($\epsilon_{r, \text{outer-system}} \approx 1,1$).

Afin de prévenir toute perturbation extérieure, il convient que la table soit placée dans une chambre blindée avec suffisamment d'espace;

- b) un réflectomètre temporel (TDR) possédant un temps de montée d'environ 5 ns;
- c) une pince à injection en conformité avec la CEI 61000-4-6 à plage de fréquence suffisante, qui dépend de l'efficacité de son circuit d'injection et de son absorbant en ferrites. Les caractéristiques suivantes s'appliquent:

$Z_{in, \text{ clamp}}$	50 Ω
$Z_{out, \text{ clamp}}$	150 Ω
a_{clamp}	6 dB maximum sur toute la plage de fréquence
a_{ferrite}	>10 dB, utilisant des ferrites possédant une perméabilité mesurée
f_{range}	1 – 1000 MHz
$P_{in, \text{ clamp}}$	> +35 dBm, sans changement de linéarité ou d'accroissement de la température des ferrites

- d) un absorbant en ferrite possédant une plage de fréquence suffisante:

a_{ferrite}	>10 dB, utilisant préférentiellement des ferrites à augmentation de perméabilité
----------------------	--

NOTE L'absorbant en ferrite peut être une seconde pince à injection comme décrit au point c).

- e) un symétriseur (si applicable).

L'affaiblissement fonctionnel du symétriseur doit être aussi petit que possible car sinon il limite la plage dynamique des mesures de l'affaiblissement de couplage.

Paramètres	Valeurs
Impédance, primaire ^{a)}	50 Ω (asymétrique)
Impédance, secondaire ^{b)}	100 Ω ou 150 Ω (symétrique)
Affaiblissement fonctionnel	≤10 dB
Perte par réflexion, bidirectionnelle	≥6 dB
Puissance nominale	Pour accumuler la puissance du générateur et de l'amplificateur (si applicable)
Signal symétrique de sortie ^{c)}	≥50 dB jusqu'à 100 MHz ≥30 dB au-dessus de 100 MHz
^{a)} L'impédance primaire peut différer de 50 Ω si cela est nécessaire, pour adapter les sorties de l'analyseur. ^{b)} Les sorties symétriques des symétriseurs d'essai doivent être adaptées à la valeur nominale des câbles à paires symétriques. 100 Ω doit être utilisé pour la terminaison du câblage à 120 Ω . ^{c)} Mesuré conformément aux Recommandations G.117 et O.9 de l'UIT-T	

5 Procedure

5.1 Test equipment

The test set-up consists of

- a) a table of at least 6 m in length which is equipped with a high-conductive copper foil of at least 0,15 m in width as the corresponding ground plane;

two vertical copperplates (0,25 m × 0,35 m), one at each end of the table. Placed on these vertical copperplates, which are connected to the horizontal ground plane of the table, are termination-plate panels.

If the CUT is not suspended, the use of balsa wood or foamed plastic trays for cable support is recommended because of the low dielectric constant required ($\epsilon_{r, \text{outer-system}} \approx 1,1$).

To prevent external disturbance, the table should be placed in a screened chamber with sufficient space;

- b) a time-domain reflectometer (TDR) with a rise time of about 5 ns;
- c) an injection clamp according to IEC 61000-4-6 with a sufficient frequency range, which will depend on the efficiency of its injection circuit and of its absorber ferrites. The following characteristics apply:

$Z_{\text{in, clamp}}$	50 Ω
$Z_{\text{out, clamp}}$	150 Ω
a_{clamp}	Maximum 6 dB in the entire frequency range
a_{ferrite}	>10 dB, using ferrites with taped permeability
f_{range}	1 – 1 000 MHz
$P_{\text{in, clamp}}$	> +35 dBm, without changing linearity or temperature increase of ferrites

- d) a ferrite absorber with a sufficient frequency range:

a_{ferrite}	>10 dB, using ferrites with increasing permeability preferred
----------------------	---

NOTE The ferrite absorber may be a second injection clamp as described in item c).

- e) balun (if applicable).

The operational attenuation of the balun shall be kept as low as possible because it will limit the dynamic range of the coupling attenuation measurements.

Parameter	Value
Impedance, primary ^a	50 Ω (unbalanced)
Impedance, secondary ^b	100 Ω or 150 Ω (balanced)
Operational attenuation	≤10 dB
Return loss, bi-directional	≥6 dB
Power rating	To accommodate the power of the generator and amplifier (if applicable)
Output signal balance ^c	≥50 dB up to 100 MHz ≥30 dB above 100 MHz
^a Primary impedance may differ if necessary to accommodate analyser outputs other than 50 Ω . ^b Balanced outputs of the test baluns shall be matched to the nominal impedance of the symmetrical cable pair. 100 Ω shall be used for termination of 120 Ω cabling. ^c Measured according to ITU-T Recommendations G.117 and O.9	

- f) un analyseur de réseau ou un générateur de signal et un récepteur avec $Z_{\text{out, gen.}} = Z_{\text{in clamp}}$;
- g) des plaques de terminaison (voir Figure 4) qui doivent être des plaques de circuits imprimés ayant une capacité et une inductance très faible, pour que $Z_{\text{term}} = R_{\text{term}} = 150 \, \Omega$ dans la plage de fréquence spécifiée. Les plaques de terminaison aux extrémités locales et distantes ont besoin d'un mécanisme (panneau de terminaison) pour fixer le câble à l'essai en position tendue et pour connecter l'écran du câble à l'essai aux résistances. Le panneau à l'extrémité locale intègre en plus le transformateur-symétriseur (voir Figures 5 et 6);
- h) 4 résistances montées en surface en forme de V et résistant au RF (RF-SMD-V), dans le cas d'un sur-écran, pour terminer les paires de l'extrémité distante du câble à l'essai (voir Figure 3) et pour continuer l'écran du câble (si applicable). Il convient de placer les résistances sur un circuit imprimé. Il convient d'utiliser des embouts à faible capacité et à faible inductance pour la connexion avec le système interne du câble à l'essai;
- i) 3 résistances montées en surface en forme de V et résistant au RF (RF-SMD-V), dans le cas d'un sur-écran, pour terminer les 3 paires de l'extrémité locale encore passives du câble à l'essai et pour continuer l'écran du câble (si applicable). Il convient de placer les résistances sur un circuit imprimé. Il convient d'utiliser des embouts à faible capacité et à faible inductance pour la connexion avec le système interne du câble à l'essai;
- j) des câbles coaxiaux à faible perte et à sur-écran, utilisés pour la connexion avec le générateur, le récepteur, le transformateur-symétriseur et la pince à injection.

5.2 Préparation de l'échantillon d'essai

5.2.1 Longueur effective du câble

La longueur effective de l'échantillon d'essai est limitée par la pince à injection et par l'absorbant en ferrite au coté opposé. Par définition, l'espace entre la pince et l'absorbant en ferrite doit être exactement de 500 cm en respectant les dimensions restreintes des chambres écrantées.

5.2.2 Longueur totale du câble

Les échantillons d'essai symétriques doivent avoir une longueur d'au moins 100 m. La partie du câble derrière la plaque de terminaison à l'extrémité distante peut être enroulée sur un touret. Une distance minimale d'au moins 1 m par rapport à la longueur effective du câble doit être donnée afin d'éviter la superposition.

Les échantillons d'essai coaxiaux ne doivent pas être plus longs que la longueur effective du câble, plus la longueur de la pince à injection et de l'absorbant en ferrite, plus la longueur supplémentaire de chaque coté des panneaux de terminaisons.

5.2.3 Terminaison interne des câbles symétriques

L'extrémité locale de la paire à l'essai est connectée au port symétrique du transformateur-symétriseur. Les paires gauches présentes à l'extrémité locale sont adaptées, en mode différentiel, avec les résistances RF-SMD-V. Le circuit en mode différentiel de toutes les paires du câble à l'essai doit aussi être adapté à l'extrémité distante. Par conséquent, les résistances en forme de V doivent être connectées à chaque paire.

Le mode différentiel du circuit symétrique est terminé par deux résistances R_1 et R_2 , chacune d'elle doit avoir la moitié de l'impédance caractéristique nominale du câble à l'essai. Le décalage gauche entre l'impédance en mode commun actuelle Z_{cm} du circuit asymétrique et R_1/R_2 peut être négligé.

A l'extrémité distante, le système interne des quatre paires du câble est adapté comme à la Figure 3.

- f) a network analyser or signal generator and receiver with $Z_{\text{out, gen}} = Z_{\text{in clamp}}$;
- g) the termination plates (see Figure 4) shall be printed-circuit plates with very low capacity and inductance, so that $Z_{\text{term}} = R_{\text{term}} = 150 \, \Omega$ in the specified frequency range. The near-end and the far-end termination plates need a mechanism (termination-plate panel) to fix the CUT in a straight position and to connect the screen of the CUT to the resistors. The near-end panel additionally takes the balun transformer (see Figures 5 and 6);
- h) four RF SMD V-form resistors in a high-screened case to terminate the far-end pairs of the CUT (see Figure 3) and to continue a cablescreen (if applicable). The resistors should be placed on a printed circuit. The connection with the CUT inner system should be made by using low-capacity and low-inductance terminals;
- i) three RF SMD V-form resistors in a high-screened case to terminate the three yet passive near-end pairs of the CUT and to continue a cablescreen (if applicable). The resistors should be placed on a printed circuit. The connection with the CUT inner system should be made by using low-capacity and low-inductance terminals;
- j) low-loss and high-screened coaxial cables for the connection of generator, receiver, balun transformer and injection clamp.

5.2 Preparation of test sample

5.2.1 Effective cable length

The effective length of the test specimen is limited by the injection clamp and the ferrite absorber at the opposite side. By definition, this space between the clamp and the ferrite absorber shall be exactly 500 cm with respect to the limited dimensions of the screened chambers.

5.2.2 Total cable length

Balanced test samples shall have a minimum length of 100 m. The part of the cable behind the far-end termination plate may be spooled on a drum. A minimum distance of at least 1 m towards the effective cable length shall be given in order to prevent superimposition.

Coaxial test samples do not have to be longer than the effective cable length, plus the length of the injection clamp and the ferrite absorber, plus the additional length for both termination-plate panels.

5.2.3 Inner termination of balanced cables

The near end of the pair under test has to be connected to the symmetrical port of the balun transformer. Present left pairs at the near end have to be matched in differential mode with RF SMD V-resistors. The differential-mode circuit of all pairs of the CUT shall be matched at the far end also. Therefore a V-resistor shall be connected to each pair.

The differential mode of the balanced circuit is terminated with two resistors R_1 and R_2 and each shall be half of the nominal characteristic impedance of the CUT. The left mismatch between the actual common-mode impedance Z_{cm} of the unbalanced circuit and R_1/R_2 can be neglected.

At the far end, the inner system of a four-pair CUT is matched as in Figure 3.

5.2.4 Terminaison interne des câbles coaxiaux (asymétriques)

Les câbles coaxiaux (asymétriques) doivent être terminés par leur impédance caractéristique nominale.

5.2.5 Connexion de l'écran

Les écrans du câble à l'essai, si présents, sont connectés au point d'ancrage de l'écran à l'intérieur du panneau de terminaison. Pour relier un écran général au panneau de terminaison de l'extrémité locale, la gaine du câble doit être retirée à cette position mais pas de plus de 30 mm. La même chose s'applique pour la terminaison de l'écran à l'extrémité distante. Toutes les connexions doivent être réalisées soigneusement pour que la résistance de contact puisse être négligée dans les résultats.

Des précautions doivent être prises aux raccordements des câbles avec une feuille totalement en aluminium possédant uniquement une surface conductrice faisant face à l'âme intérieure. La feuille doit être coupée à la circonférence, rabattue et recouverte d'une feuille de cuivre adhésive. Utilisez une pâte à souder conductrice réalisant une connexion à faible résistivité.

S'il n'y a pas d'écran, les panneaux de terminaison sont utilisés uniquement comme fixation mécanique.

5.2.6 Hauteur du câble à l'essai au-dessus du plan de référence

Après le positionnement du câble à l'essai dans le montage d'essai, il convient que l'échantillon soit placé à une distance égale du plan de référence relatif. La distance du câble ainsi que le diamètre extérieur d'un possible écran, détermine l'impédance caractéristique du système externe. En suivant les caractéristiques de la pince à injection, il convient qu'une impédance de 150 Ω soit obtenue. En s'assurant que la largeur du plan de référence soit plus grande que la hauteur h du centre du câble au-dessus du plan de référence et que le diamètre d de l'écran soit considérée comme petit par rapport à la hauteur h , les équations suivantes s'appliquent:

$$Z_{\text{CUT,out}} \approx \frac{60\Omega}{\sqrt{\epsilon_{\text{r,router-system}}}} \ln\left(\frac{4h}{d}\right)$$

Afin de réaliser un système externe adapté, la hauteur h doit s'élever à environ $3d$. Il faut que la hauteur exacte du câble au-dessus du plan de référence soit ajustée au moyen d'un réflectomètre temporel (TDR) de façon à prendre en compte localement l'influence diélectrique restrictive de la gaine du câble et des supports indispensables du câble. Des plateaux en mousse ou en balsa, à des intervalles non équidistants, peuvent être utilisés afin d'assurer un système externe homogène entre le plan de référence et le câble à l'essai.

5.2.7 Plaques de terminaison

La plaque de terminaison est une partie du panneau de terminaison. Cette installation est responsable de la faible résistivité de la connexion du câble écranté et elle termine le système externe par une charge adaptée. Conformément à la hauteur réglée du câble au-dessus du plan de référence, la plaque de terminaison connecte en parallèle 16 résistances SMD faiblement inductive en un circuit de 150 Ω. Les résistances SMD doivent être placées en cercle pour des raisons symétriques.

Un exemple de plaque de terminaison de 150 Ω pour l'extrémité locale et l'extrémité distante est représenté à la Figure 4.

5.2.4 Inner termination of coaxial (unbalanced) cables

Coaxial (unbalanced) cables shall be terminated by their nominal characteristic impedance.

5.2.5 Connection of the screen

The screens of the CUT, if present, are connected to the screening launcher inside the termination-plate panel. To connect a present overall screen to the near-end termination-plate panel, the cable sheath has to be removed at this position by not more than 30 mm. The same applies for the far-end termination of the screen. All connections shall be made carefully so that the contact resistance can be neglected with respect to the results.

Precautions shall be taken when connecting cables with an overall aluminium foil with only one conductive surface faced to the interior core. The foil shall be cut around at the circumference, turned down and wrapped with adhesive copper foil. Use conductive soldering paste achieving a low resistive connection.

If there is no screen, the termination-plate panels are used as a mechanical fix only.

5.2.6 Height of CUT over the ground plane

After placing the CUT into the test set-up, the specimen should be positioned at an equal distance to the corresponding ground plane. The distance of the cable, as well as the external diameter of a possible existing screen, determines the characteristic impedance of the outer system. Following the characteristics of the injection clamp, an impedance of 150 Ω should be achieved. Assuming that the width of the ground plane is larger than the height h of the cable centre above the ground plane and that the screen diameter d can be regarded as small compared to the height h , the following equation applies.

$$Z_{\text{CUT,out}} \approx \frac{60\Omega}{\sqrt{\epsilon_{\text{r,router-system}}}} \ln\left(\frac{4h}{d}\right)$$

In order to realize a matched outer system, the height h must amount to about $3d$. The exact height of the cable above the ground plane must be adjusted by means of a TDR in order to take into account the locally restricted dielectric influence of the cable sheath and necessary cable supports. Foamed plastic or balsa wooden trays in non-equidistant intervals could be used to assure a homogeneous outer system between the ground plane and the CUT.

5.2.7 Termination plates

The termination plate is part of the termination-plate panel. This fixture is responsible for a low resistive connection of the cable screen and terminates the outer system with a matched load. In accordance to the adjusted height of the cable over the ground plane, the termination-plate connects 16 low inductive SMD resistors in a parallel circuit of 150 Ω. The SMD resistors shall be located in a circle for reasons of symmetry.

A proposal for a 150 Ω termination plate at the near end and at the far end is shown in Figure 4.

Le câble à l'essai est branché à l'extrémité locale sur la plaque de terminaison, qui est incorporé à l'intérieur du panneau de terminaison, comme indiqué à la Figure 5. La connexion de l'écran du câble à l'essai sur le panneau de terminaison pour l'extrémité distante doit être effectuée comme indiqué à la Figure 6.

5.2.8 Préparation complète

La préparation complète de l'échantillon d'essai doit être identique à celle de la Figure 7.

5.3 Procédure d'étalonnage

L'affaiblissement fonctionnel du montage est la somme des affaiblissements fonctionnels des câbles coaxiaux de raccordement, de la pince à injection et du transformateur-symétriseur. Dans le cas des mesures de la terminaison distante, l'affaiblissement longitudinal du câble à l'essai doit être pris en compte.

Tout étalonnage des montages doit être effectué par un balayage linéaire en fréquence sur toute la plage d'essai. Si aucune spécification pertinente n'est spécifiée pour les câbles, il convient d'utiliser un pas en fréquence de 1 MHz.

Les données d'étalonnage doivent être sauvegardées dans a_{cal} et les résultats des mesures de la terminaison locale et distante doivent être rectifiés.

$$a_{cal} = a_{cal,near} \text{ OR } a_{cal,far}$$

$$a_{cal,near} = a_{cable12} + a_{clamp} + a_{balun1}$$

$$a_{cal,far} = a_{cable12} + a_{clamp} + a_{balun1} + a_{CUTlong}$$

5.3.1 Raccordement des câbles coaxiaux

L'affaiblissement fonctionnel des câbles coaxiaux, faisant partie du montage d'essai, peut être déterminé en les connectant en série comme indiqué à la Figure 8.

$$a_{cable12} = a_{cable1} + a_{cable2}$$

5.3.2 Pince électromagnétique (EM) à injection

La pince électromagnétique EM 101 proposée comporte un élément de couplage par induction et de couplage capacitif permettant de couvrir la plage de fréquence de 1 MHz à 1 000 MHz. En accord avec les opérations en pratique, la pince à injection est fournie pour remplacer un système externe de 150 Ω , par conséquent un tel élément doit être utilisé comme référence d'étalonnage.

La Figure 9 montre le montage de référence, contenant deux éléments précis de couplage par résistance de 150 Ω , connectés ensemble et utilisés respectivement comme élément émetteur et élément de chargement. Un générateur et un récepteur doivent être étalonnés dans le système de 50 Ω pour des transmissions et les deux éléments précis de couplage par résistance doivent atténuer le signal reçu de l'affaiblissement de référence a_{ref} .

Dans l'étape suivante d'étalonnage, l'élément émetteur est remplacé par la pince à injection comme indiqué à la Figure 10.

Le signal reçu est dévié par la pince. L'affaiblissement de référence $a_{clamp,ref}$ doit être enregistrée. L'affaiblissement fonctionnel de la pince à injection en fonction de la fréquence doit être déterminé et défini comme:

$$a_{clamp} = a_{ref} - a_{clamp,ref}$$

The CUT is connected at the near end to the termination plate, which is equipped within a termination-plate panel, as shown in Figure 5. The connection of the screen of the CUT to the far-end termination-plate panel shall be as shown in Figure 6.

5.2.8 Complete preparation

The complete preparation of a test sample shall be as shown in Figure 7.

5.3 Calibration procedure

The operational attenuation of the set-up is the sum of the operational attenuation of the connecting coaxial cables, the injection clamp and the balun transformer. In the case of far-end measurements the longitudinal attenuation of the CUT shall be taken into account.

All calibrating set-ups shall be measured in a linear frequency sweep over the entire tested frequency range. If not otherwise specified in relevant cable specifications, an equidistant step frequency of 1 MHz should be used.

The calibration data shall be saved as a_{cal} and the results of near-end and far-end measurements shall be corrected.

$$a_{cal} = a_{cal,near} \text{ OR } a_{cal,far}$$

$$a_{cal,near} = a_{cable12} + a_{clamp} + a_{balun1}$$

$$a_{cal,far} = a_{cable12} + a_{clamp} + a_{balun1} + a_{CUTlong}$$

5.3.1 Connecting coaxial cables

Since the operational attenuation of the coaxial cables is part of the test set-up, it can be determined by connecting them in series as shown in Figure 8.

$$a_{cable12} = a_{cable1} + a_{cable2}$$

5.3.2 Electromagnetic injection clamp

The proposed electromagnetic clamp, EM 101, includes an inductive and a capacitive coupling unit, which allows covering a frequency range from 1 MHz to 1 000 MHz. In accordance with practical operations, the injection clamp is provided to replace a 150 Ω outer system, so such a unit shall be used as the calibration reference.

Figure 9 shows the reference set-up, containing two precise resistive 150 Ω coupling units connected together and being used as transmitter and load units respectively. A generator and a receiver shall be calibrated in the 50 Ω system for transmission and the two precise resistive coupling units shall attenuate the received signal with their reference attenuation a_{ref} .

In the next calibration step the transmitter unit is replaced by the injection clamp as shown in Figure 10.

The signal received is deviated by the clamp. The reference attenuation $a_{clamp, ref}$ shall be recorded. The operational attenuation of the injection clamp in function of the frequency shall be determined and defined as

$$a_{clamp} = a_{ref} - a_{clamp, ref}$$

En effectuant cette procédure d'étalonnage de substitution, par ces relations, la pince à injection induit un courant d'intensité comparable au courant que devrait induire un champ spécifié sur le câble à l'essai d'une installation.

NOTE Limite d'utilisation: Dans les exploitations en continu des ondes, la pince EM 101 proposée a été testée dans la plage de fréquence 0,15 – 1 000 MHz avec une puissance correspondante jusqu'à +47 dBm, ceci appliqué à l'entrée coaxiale adaptée à 50 Ω et aucun effet de saturation des ferrites n'a été observé. A ce niveau de puissance, la durée maximale est de 6 min, ceci est dû à la montée de la température des ferrites. Jusqu'à une puissance d'entrée de +35 dBm, il n'y a pas de contraintes de temps. Ainsi la pince à injection possède une grande marge de linéarité pour la plupart des essais d'affaiblissement de couplage.

5.3.3 Symétriseur (si applicable)

En utilisant une méthode de substitution, consistant à connecter en série deux des trois symétriseurs dans trois mesures non cycliques, l'affaiblissement individuel fonctionnel du symétriseur choisi peut être évalué en faisant les hypothèses suivantes:

Le transformateur-symétriseur 1 avec l'affaiblissement a_{balun1} est choisi pour les mesures d'affaiblissement de couplage. Les transformateurs-symétriseurs 2 et 3 avec leur affaiblissement a_{balun2} et a_{balun3} sont des transformateurs-symétriseurs utilisés uniquement pour la procédure d'étalonnage. a_{nm} est l'affaiblissement fonctionnel du transformateur-symétriseur numéro n et m connectés en série.

Alors:

$$a_{\text{balun1}} = \frac{1}{2} (a_{12} + a_{13} - a_{23})$$

Il convient de connecter les deux transformateurs-symétriseurs en série dans un sens, pour que l'affaiblissement de cette interconnexion puisse être négligé dans les résultats.

5.4 Procédure de mesure

Afin de pouvoir effectuer des essais même sur des câbles symétriques et sur-écrantés, la puissance d'alimentation doit être suffisamment grande ($\geq +20$ dBm). Afin de prévenir toute saturation du transformateur-symétriseur due à la forte puissance d'alimentation, la puissance est amenée dans le circuit externe par la pince à injection.

Le rapport de la puissance amenée dans le système externe sur la puissance à la sortie du transformateur-symétriseur doit être mesuré dans un balayage linéaire en fréquence sur la plage de fréquence spécifiée et aux mêmes fréquences que pour la procédure d'étalonnage.

Tout en injectant la puissance $P_{2\text{com,near}}$ à l'extrémité locale du montage, la puissance reçue $P_{1,\text{near}}$ est mesurée et enregistrée. Il faut alors changer la position de la pince pour l'extrémité distante du montage. Tout en injectant la puissance $P_{2\text{com,far}}$ à l'extrémité distante, $P_{1,\text{far}}$ doit être mesurée et enregistrée.

Le montage d'essai complet est présenté à la Figure 14.

NOTE Si une plage très dynamique n'est pas exigée, la puissance d'alimentation peut être diminuée et le montage peut être utilisé en inverse, pour que le symétriseur soit connecté au générateur et la pince soit connectée à l'analyseur. L'avantage de ce montage est que la chambre blindée n'est plus nécessaire, à cause des faibles émissions.

Using this substitution calibration procedure, by these relationships, the injection clamp induces a current of similar intensity as the specified field would induce on the CUT of an installation.

NOTE Limits of use: in continuous wave operations, the proposed EM 101 clamp has been tested in the frequency range 0,15-1 000 MHz with a corresponding power of up to +47 dBm at the matched 50 Ω coaxial input and no saturation effect of the ferrites has been observed. At this power level the maximum duration time because of temperature rise of the ferrites is 6 min. Up to a +35 dBm input power level there are no time restrictions. Thus, the injection clamp has a large margin of linearity for almost all coupling attenuation tests.

5.3.3 Balun (if applicable)

Using a substitution method, which connects in series two out of three baluns in three non-cyclical measurements, the individual operational attenuation of the selected balun can be evaluated by making the following assumptions.

Balun transformer 1 with the attenuation a_{balun1} is selected for measurements of coupling attenuation. Balun transformer 2 and 3 with their attenuation a_{balun2} and a_{balun3} are balun transformers used for the calibration procedure only. a_{nm} is the operational attenuation of the balun transformers number n and number m connected in series (see Figure 12).

Then:

$$a_{\text{balun1}} = \frac{1}{2} (a_{12} + a_{13} - a_{23}).$$

The connection between two balun transformers in series should be done in such a way that the attenuation of this interconnection could be neglected with respect to the results (see Figure 13).

5.4 Measuring procedure

To test even well-balanced and high-screened cables the feeding power shall be sufficiently high ($\geq +20$ dBm). To prevent saturation of the balun transformer caused by the high-feeding power level, the power is fed into the outer circuit via the injection clamp.

The quotient of the power fed into the outer system and the power taken out of the balun transformer shall be measured in a linear frequency sweep over the specified frequency range and at the same frequency points as for the calibration procedure.

While injecting the power $P_{2\text{com, near}}$ at the near end of the set-up, the received power $P_{1, \text{near}}$ is measured and recorded. The clamp position has then to be changed to the far-end set-up. While injecting the power $P_{2\text{com, far}}$ at the far-end position, $P_{1, \text{far}}$ shall be measured and recorded.

The complete test set-up is shown in Figure 14.

NOTE If a very high dynamic range is not required, the feeding power can be diminished and the set-up can be used reverse, so that the balun is connected to the generator and the clamp to the analyser. The advantage of this set-up is that a screened chamber might be unnecessary, because emissions will be less.

6 Evaluation des résultats d'essai

En garantissant que le générateur et que le récepteur possèdent la même impédance, l'affaiblissement de couplage d'une paire ou d'un élément est calculée par:

$$a_c = 20 \log_{10} \frac{P_{2com,max}}{\max[P_{1,near}, P_{1,far}]} - a_{cal}$$

où

$P_{1,near/far}$ est la puissance mesurée dans le circuit interne (puissances perturbatrices) obtenues par la procédure de mesure respectivement à l'extrémité locale/distante

a_{cal} est l'affaiblissement fonctionnel du montage d'essai relatif à la mesure à l'extrémité locale ou distante, celle-ci prise séparément

Les résultats des essais de l'affaiblissement de couplage, pour chaque paire ou élément d'un câble à l'essai doivent être superposés à chaque fréquence discrète. Si aucune spécification pertinente n'est établie pour les câbles, l'affaiblissement composite de couplage d'un câble à l'essai doit être la valeur minimale relative à toutes les réponses en fréquence superposées.

L'évaluation des réponses en fréquence superposées de l'affaiblissement de couplage doit être présentée comme une seule valeur a exprimée en décibels (dB). Dans le pire cas, il convient que la valeur a soit déduite par la représentation de courbe dérivée de:

1 MHz – 100 MHz: a (dB)

au-dessus de 100 MHz: $a - 20 \log_{10} \{f \text{ (MHz)}/100\}$ (dB)

Il convient que cette courbe soit dressée jusqu'à l'obtention du premier pic. La valeur a (dB) est lue à l'intersection entre la courbe et l'axe des ordonnées.

7 Exigence

Les résultats de l'affaiblissement minimal de couplage doivent obéir aux exigences indiquées dans les spécifications des câbles.

Si une valeur limite de la puissance rayonnante est spécifiée pour un système de câble, opérant à un niveau de puissance défini, la différence entre le niveau de puissance et la valeur limite de la puissance rayonnante ne doit pas être plus grande que l'affaiblissement de couplage du câble fourni pour le système.

6 Evaluation of the test results

Provided that the generator and the receiver have the same impedance, the coupling attenuation of one pair or element is calculated as:

$$a_c = 20 \log_{10} \frac{P_{2com,max}}{\max[P_{1,near}, P_{1,far}]} - a_{cal}$$

where

$P_{1,near/far}$ is the measured powers in the inner circuit (disturbing powers) obtained at the measuring procedure at near or far end;

a_{cal} is the operational attenuation of the test set-up regarding near-end or far-end measurement separately.

The test results of coupling attenuation for each pair or element of one CUT shall be superimposed at each discrete frequency point. If not otherwise stated in the relevant cable specification, the composite coupling attenuation of the CUT shall be the minimum value regarding all the superimposed frequency responses.

The evaluation of the superimposed frequency responses of coupling attenuation shall be presented as a single value a expressed in decibels (dB). The worst-case value, a , should be deduced by drawing a curve derived from

1 MHz to 100 MHz: $a(\text{dB})$

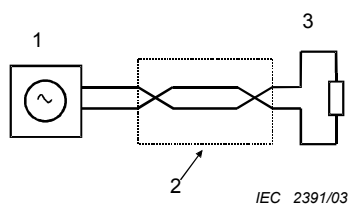
above 100 MHz: $a - 20 \log_{10} \{f(\text{MHz})/100\} (\text{dB})$

This curve should be raised until the first peak is intersected. The value $a[\text{dB}]$ is read where the curve intersects the ordinate axis.

7 Requirement

The results of minimum coupling attenuation shall comply with the requirements indicated in the relevant cable specification.

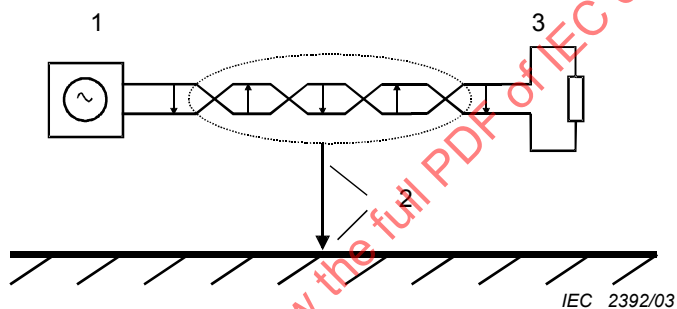
If a limiting value of the radiating power is specified for a cable system operated with a defined power level, the difference between the power level and the limit of radiating power shall not be higher than the coupling attenuation of the cable provided for the system.



Légende

- 1 Générateur
- 2 Système interne/primaire
- 3 $R = Z_0$

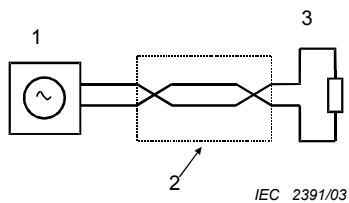
Figure 1 – Système interne d'un câble à paires torsadées écranté/non écranté



Légende

- 1 Générateur
- 2 Système externe/secondaire
- 3 $R = Z_0$

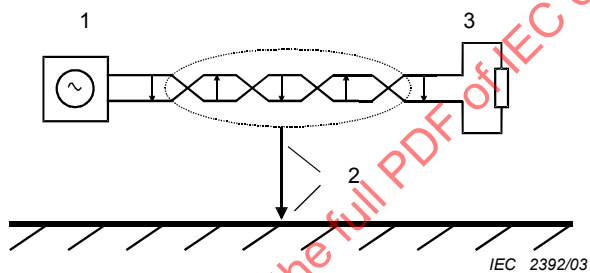
Figure 2 – Système externe dans le cas d'un câble à paires torsadées non écranté



Key

- 1 Generator
- 2 Inner/primary system
- 3 $R = Z_0$

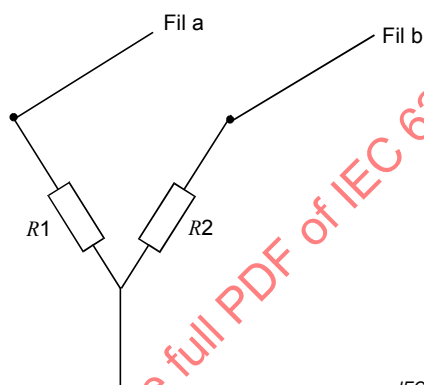
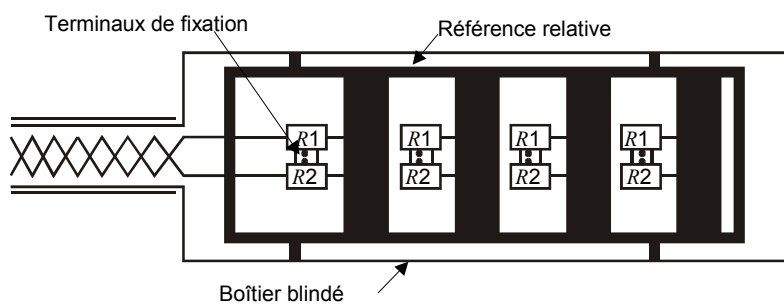
Figure 1 – Inner system of a screened/unscreened twisted pair cable



Key

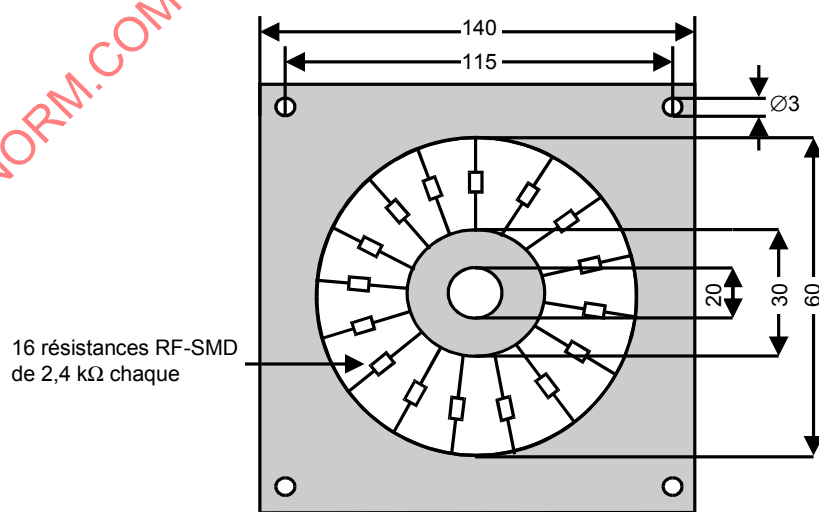
- 1 Generator
- 2 Outer/secondary system
- 3 $R = Z_0$

Figure 2 – Outer system of an unscreened twisted pair cable



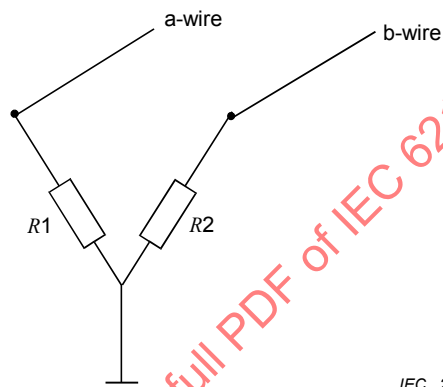
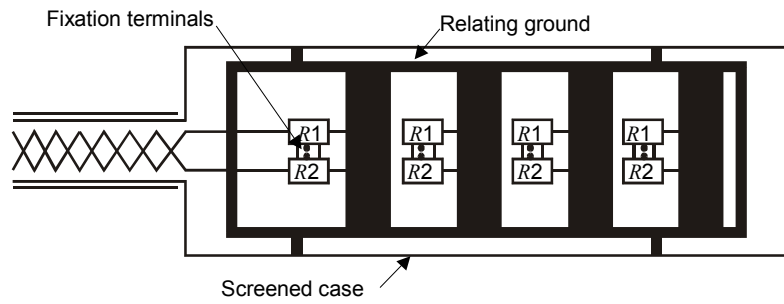
IEC 2393/03

Figure 3 – Circuit imprimé possédant des résistances RF-SMD pour le système interne adapté



IEC 2394/03

Figure 4 – Plaque de terminaison pour l'extrémité adaptée locale et distante



IEC 2393/03

Figure 3 – Printed circuit with RF SMD resistors for inner system matching

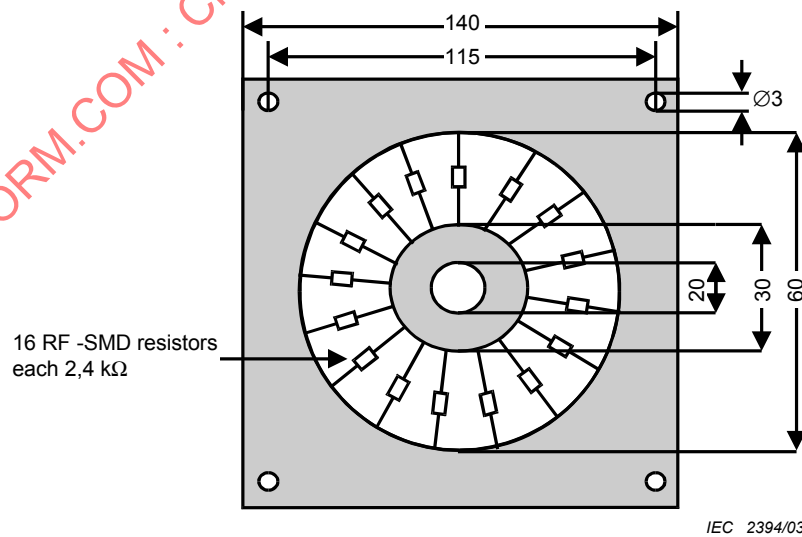
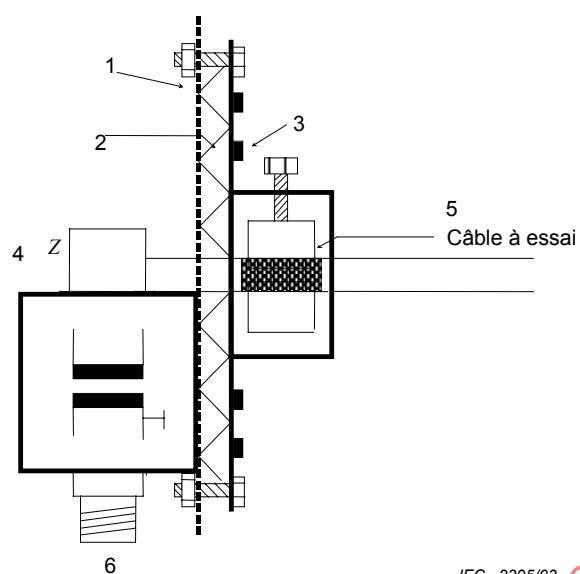


Figure 4 – Termination plate for near-end and far-end matching

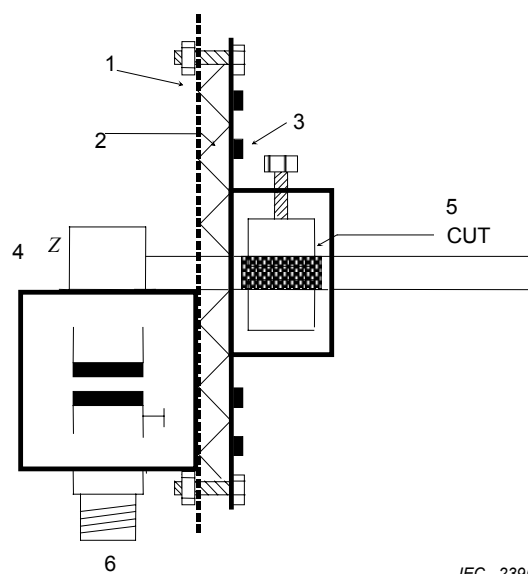


IEC 2395/03

Légende

- 1 Plaque de cuivre verticale, extrémité locale
- 2 Axes de contact Cu/Be
- 3 Plaque de terminaison pour le système adaptant secondaire
- 4 Câble à l'essai, primaire
- 5 Isolation remplacée
- 6 Récepteur, à $-50\ \Omega$

Figure 5 – Panneau de terminaison à l'extrémité locale

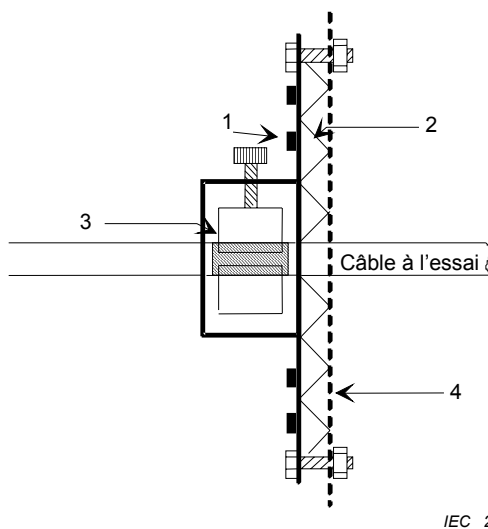


IEC 2395/03

Key

- 1 Vertical copperplate, near end
- 2 Cu/Be contact strips
- 3 Termination plate for secondary-system matching
- 4 CUT, primary
- 5 Replaced isolation
- 6 Receiver, in $50\ \Omega$

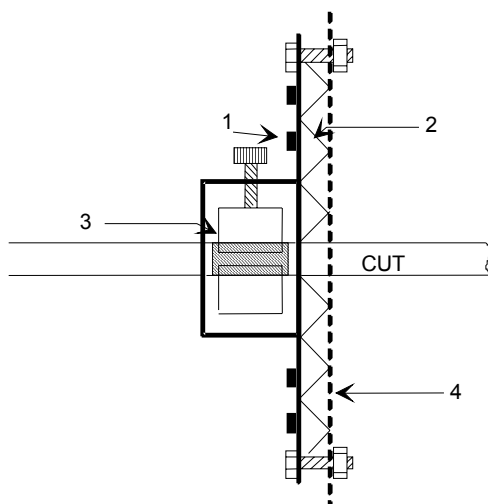
Figure 5 – Termination-plate panel at the near end



Légende

- 1 Plaque de terminaison pour le système adaptant secondaire
- 2 Axes de contact Cu/Be
- 3 Isolation remplacée
- 4 Plaque de cuivre verticale, extrémité distante

Figure 6 – Panneau de terminaison à l'extrémité distante

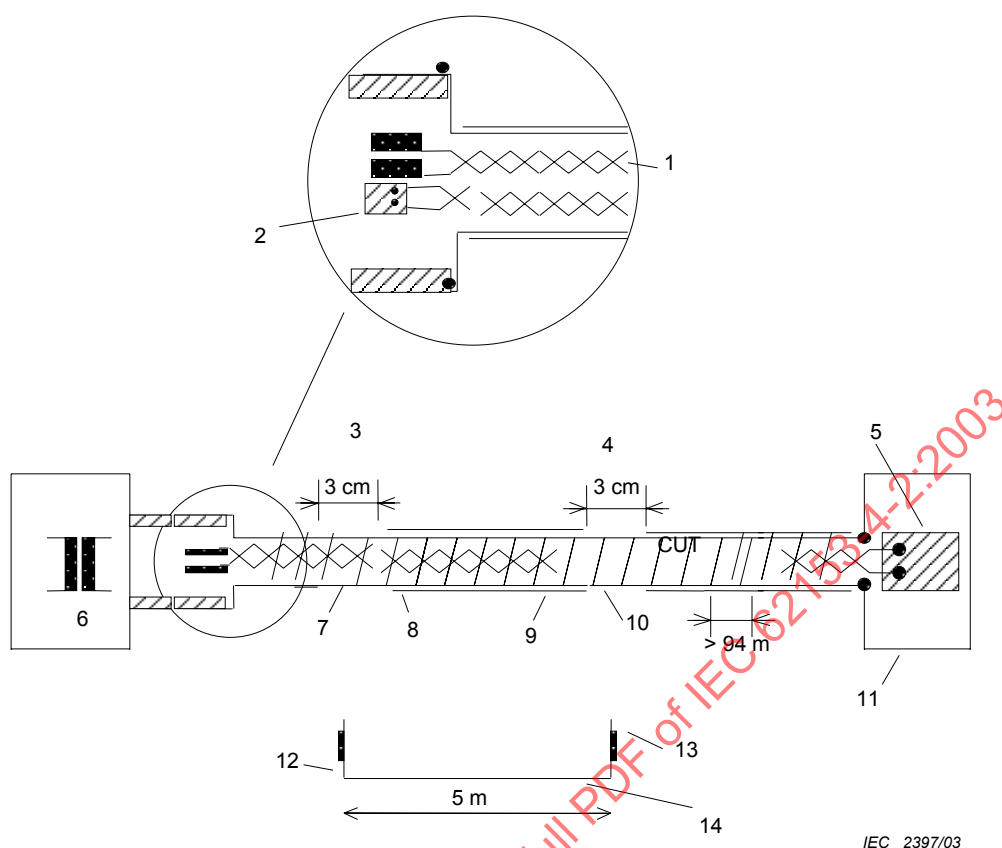


Key

- 1 Termination plate for secondary-system matching
- 2 Cu/Be contact strips
- 3 Replaced isolation
- 4 Vertical copperplate, far end

Figure 6 – Termination-plate panel at the far end

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-2:2003



Légende

- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | Paire à l'essai | 8 | Isolation |
| 2 | Paires gauches, adaptées avec les résistances | 9 | Isolation |
| 3 | Isolation remplacée | 10 | Ecran |
| 4 | Isolation remplacée | 11 | Boîtier blindé |
| 5 | Circuit imprimé avec résistances | 12 | Plaque de cuivre verticale |
| 6 | Symétriseur | 13 | Plaque de cuivre verticale |
| 7 | Ecran | 14 | Plan de référence correspondant (feuille de cuivre) |

Figure 7 – Préparation de l'échantillon d'essai