

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62153-4-5

Première édition
First edition
2006-03

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

**Partie 4-5:
Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Affaiblissement d'écran ou de couplage –
Méthode de la pince absorbante**

Metallic communication cables test methods –

**Part 4-5:
Electromagnetic compatibility (EMC) –
Coupling or screening attenuation –
Absorbing clamp method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62153-4-5:2006

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**

62153-4-5

Première édition
First edition
2006-03

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

**Partie 4-5:
Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Affaiblissement d'écran ou de couplage –
Méthode de la pince absorbante**

Metallic communication cables test methods –

**Part 4-5:
Electromagnetic compatibility (EMC) –
Coupling or screening attenuation –
Absorbing clamp method**

© IEC 2006 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

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	10
4 Principes de la méthode d'essai	10
5 Mesure	12
5.1 Equipement	12
5.1.1 Généralités	12
5.1.2 Exigences du symétriseur	16
5.2 Echantillon en essai	16
5.2.1 Longueur du câble contrôlé	16
5.2.2 Préparation de l'échantillon en essai	16
5.3 Procédure d'étalonnage	24
5.3.1 Affaiblissement du montage de mesure	24
5.3.2 Perte d'insertion des absorbeurs	30
5.4 Montage d'essai	32
5.4.1 Vérification du montage d'essai	36
5.5 Force de traction sur le câble	36
5.6 Procédure de mesure	38
6 Expression des résultats d'essai	40
6.1 Expression	40
6.2 Compte rendu d'essai	40
6.2.1 Généralités	40
6.2.2 Evaluation des résultats d'essai pour l'affaiblissement de couplage de câbles symétriques (informatif)	42
6.2.3 Exemples	42
7 Exigences	46
Bibliographie	48
Figure 1 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus proche de l'échantillon	14
Figure 2 – Terminaison d'un câble symétrique blindé	18
Figure 3 – Préparation de l'échantillon en essai (câbles symétriques et multiconducteurs)	20
Figure 4 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 < 50 \Omega$	22
Figure 5 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 > 50 \Omega$	24
Figure 6 – Montage d'étalonnage	26
Figure 7 – Terminaison pendant étalonnage	28
Figure 8 – Mesure de la perte d'insertion d'un absorbeur	30
Figure 9 – Exemple de connexions d'écran pour mesurer un câble à paire torsadée blindée	32

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	11
4 Principles of the test method.....	11
5 Measurement.....	13
5.1 Equipment.....	13
5.1.1 General	13
5.1.2 Balun requirements.....	17
5.2 Test sample.....	17
5.2.1 Tested cable length	17
5.2.2 Preparation of test sample	17
5.3 Calibration procedure	25
5.3.1 Attenuation of the measuring set-up.....	25
5.3.2 Insertion loss of the absorbers	31
5.4 Test set-up	33
5.4.1 Test set-up verification.....	37
5.5 Pulling force on cable	37
5.6 Measuring procedure.....	39
6 Expression of test results.....	41
6.1 Expression	41
6.2 Test report.....	41
6.2.1 General	41
6.2.2 Evaluation of test results for the coupling attenuation of balanced cables (informative)	43
6.2.3 Examples.....	43
7 Requirement.....	47
Bibliography.....	49
Figure 1 – Measurement of surface waves at the near end of the sample.....	15
Figure 2 – Termination of a screened symmetrical cable.....	19
Figure 3 – Preparation of test sample (symmetrical and multi conductor cables)	21
Figure 4 – Impedance matching for $Z_1 < 50 \Omega$	23
Figure 5 – Impedance matching for $Z_1 > 50 \Omega$	25
Figure 6 – Calibration set-up	27
Figure 7 – Termination during calibration.....	29
Figure 8 – Measurement of the insertion loss of an absorber	31
Figure 9 – Example of screen connections for screened twisted pair cable measurement.....	33

Figure 10 – Montage d'essai pour la mesure d'extrémité la plus proche de câble symétrique	34
Figure 11 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus proche de l'échantillon.....	34
Figure 12 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus éloignée de l'échantillon.....	36
Figure 13 – Disposition de blindage pour une mesure d'extrémité la plus éloignée	38
Figure 14 – Exemple de mesure d'un câble symétrique à écran papier.....	42
Figure 15 – Exemple de mesure d'un câble symétrique correctement blindé	44
Figure 16 – Exemple de mesure d'un câble coaxial correctement blindé	44
Figure 17 – Erreur de mesure fréquente d'un câble symétrique.....	46
Figure 18 – Erreur de mesure fréquente d'un câble symétrique.....	46
Tableau 1 – Caractéristiques des performances du symétriseur (30 MHz à 1 GHz)	16

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-5:2006

Figure 10 – Test set-up for near end measurement of symmetrical cable	35
Figure 11 – Measurement of surface wave at near end of sample	35
Figure 12 – Measurement of surface wave at far end of sample	37
Figure 13 – Shielding arrangements for a far end measurement	39
Figure 14 – Example measurement of a foil screen symmetrical cable	43
Figure 15 – Example measurement of a well screened symmetrical cable	45
Figure 16 – Example measurement of a well screened coaxial cable	45
Figure 17 – Frequent measurement error of a symmetrical cable	47
Figure 18 – Frequent measurement error of a symmetrical cable	47
Table 1 – Balun performance characteristics (30 MHz to 1 GHz)	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-5:2006

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES Câbles MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION–

Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante

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 62153-4-5 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/789A/FDIS	46A/812/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

**Part 4-5: Electromagnetic Compatibility (EMC) –
Coupling or screening attenuation –
Absorbing clamp method**

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 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 62153-4-5 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/789A/FDIS	46A/812/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.

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

La CEI 62153 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*:

- Partie 1-1: Electrique – Mesure de la perte par réflexions à une impulsion/échelon dans le domaine fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD)
- Partie 1-2: Reflection measurement correction ¹
- Partie 4-0: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Relationship between Surface transfer impedance and Screening attenuation, recommended limits ¹
- Partie 4-1: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements ¹
- Partie 4-2: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran et de couplage – Méthode de la pince à injection
- Partie 4-3: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance surfacique de transfert – Méthode triaxiale
- Partie 4-4: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "as " up to and above 3 GHz
- Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante
- Partie 4-6: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert de surface – Méthode d'injection de ligne
- Partie 4-7: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Méthode d'essai pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran – ou l'affaiblissement de couplage – Méthode des tubes concentriques
- Partie 4-8: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Capacitive Coupling Admittance ¹

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

¹ A l'étude.

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

IEC 62153 consists of the following parts, under the general title *Metallic communication cable test methods*:

- Part 1-1: Electrical – Measurement of the pulse/step return loss in the frequency domain using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)
- Part 1-2: Reflection measurement correction ¹
- Part 4-0: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Relationship between Surface transfer impedance and Screening attenuation, recommended limits ¹
- Part 4-1: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements ¹
- Part 4-2: Electromagnetic compatibility (EMC) – Screening and coupling attenuation – Injection clamp method
- Part 4-3: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method
- Part 4-4: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "as " up to and above 3 GHz
- Part 4-5: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling or screening attenuation – absorbing clamp method
- Part 4-6: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – line injection method
- Part 4-7: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring the transfer impedance and the screening – or the coupling attenuation – Tube in tube method
- Part 4-8: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Capacitive Coupling Admittance ¹

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

¹ Under consideration.

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION–

Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante

1 Domaine d'application

La méthode de la pince absorbante convient pour déterminer l'affaiblissement d'écran ou de couplage de câbles métalliques de communication dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz. Il s'agit d'une variante de la méthode de la pince d'injection de la CEI 62153-4-3 ou de la méthode triaxiale de la CEI/PAS 62338. Puisque le circuit externe de cette méthode de la pince absorbante n'est pas défini, les résultats des essais obtenus dans différents lieux et laboratoires peuvent varier de plus de ± 6 dB.

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 61196-1:2005, *Câbles coaxiaux de communication – Partie 1: Spécification générique – Généralités, définitions et exigences*

CISPR 16-1-4:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées*

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

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 61196-1 s'appliquent.

4 Principes de la méthode d'essai

Le câble (pour les câbles asymétriques) ou une paire de câbles (pour les câbles symétriques) est alimenté avec la puissance P_1 . En raison du couplage électromagnétique entre le câble ou la paire de câbles et l'environnement, des ondes de surface se propagent dans les deux sens le long de la surface de l'écran (ou la surface du câble lorsqu'il n'y a pas d'écran). Un transformateur de courant de surface est utilisé pour prélever la puissance des ondes de surface en association avec un absorbeur (généralement un tube de ferrite) pour supprimer les courants en mode commun indésirables. Ces types d'association sont connus sous le nom de pinces absorbantes. En se basant sur les valeurs crêtes des courants de surface mesurés, il est possible de calculer la puissance crête maximale, $P_{2\max}$, dans le système secondaire formé par l'écran du câble (ou le câble même) et l'environnement.

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-5: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling or screening attenuation – Absorbing clamp method

1 Scope

The absorbing clamp method is suitable to determine the coupling or screening attenuation of metallic communication cables in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz. It is an alternative method to the injection clamp method of IEC 62153-4-3 or the triaxial method of IEC/ PAS 62338. Due to the undefined outer circuit of this absorbing clamp method, the test results obtained at different places and laboratories could vary by at least ± 6 dB.

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 61196-1:2005, *Coaxial communication cables – Part 1: Generic specification – General, definitions and requirements*

CISPR 16-1-4:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances*

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

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given IEC 61196-1, apply.

4 Principles of the test method

The cable (for unbalanced cables) or one cable pair (for symmetrical cables) is fed with the power P_1 . Due to the electromagnetic coupling between the cable or pair and the environment, surface waves are excited which propagate in both directions along the screen surface (or the cable surface where there is not a screen). A surface current transformer is used for picking up the power of the surface waves in combination with an absorber (usually a ferrite tube) to suppress unwanted common mode currents. These kinds of combinations are known as absorbing clamps. On the basis of the peak values of the measured surface currents, it is possible to calculate the maximum peak power, $P_{2\max}$, in the secondary system formed by the screen of the cable (or the cable itself) and the environment.

On appelle le rapport logarithmique des puissances P_1 et $P_{2\max}$ l'affaiblissement de couplage, qui s'exprime en dB.

Pour les câbles asymétriques (coaxiaux), le résultat de la mesure est l'affaiblissement d'écran. Pour les câbles symétriques, deux cas doivent être considérés:

- a) la puissance perturbatrice est délivrée en mode différentiel: le résultat de la mesure est l'affaiblissement de couplage, qui est le résultat combiné de l'affaiblissement d'écran et de l'affaiblissement asymétrique;
- b) la puissance perturbatrice est délivrée en mode commun: le résultat de la mesure est l'affaiblissement d'écran.

Le courant de surface est mesuré en se basant sur un balayage de fréquence avec une pince stationnaire.

Si on considère l'effet maximal des ondes de surface de l'extrémité la plus proche ou de l'extrémité la plus éloignée, l'affaiblissement d'écran ou l'affaiblissement de couplage a_c est défini par:

$$a_c = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{\max[P_{2n}; P_{2f}]} \right)$$

où

P_1 est la puissance d'entrée du circuit interne de l'échantillon;

P_{2n} est la puissance crête maximale de couplage de l'extrémité la plus proche;

P_{2f} est la puissance crête maximale de couplage de l'extrémité la plus éloignée.

5 Mesure

5.1 Equipement

5.1.1 Généralités

Le montage d'essai doit avoir un bruit de fond supérieur d'au moins 6 dB par rapport à la mesure de l'équipement pour que la valeur soit prise en compte. Cela signifie, par exemple, qu'un essai doit être effectué avec un équipement dont la plage dynamique est supérieure à 115 dB pour mesurer l'affaiblissement de couplage ou l'affaiblissement d'écran jusqu'à environ 90 dB, lorsque l'on considère l'affaiblissement total d'une pince absorbante et d'un symétriseur normaux (le cas échéant). La précision des équipements doit être inférieure à ± 1 dB.

L'équipement doit être capable de mesurer l'affaiblissement d'écran ou l'affaiblissement de couplage dans toute la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 GHz, sauf indication contraire dans les spécifications des câbles appropriées.

Le montage de mesure peut être effectué en utilisant un analyseur de réseau vectoriel ou un générateur de signaux discrets et un récepteur de mesure sélectif.

Une plaque de réflexion métallique verticale doit être placée directement devant le générateur. La hauteur et la largeur de la plaque doivent être chacune supérieure à 800 mm. La plaque doit avoir un trou central pour accueillir le câble en essai.

Le montage de mesure pour la puissance émise maximale au niveau de l'extrémité la plus proche (en utilisant des instruments discrets) est représenté sur la Figure 1 et est constitué de:

- a) une pince absorbante avec une gamme de fréquences minimale comprise entre 30 MHz et 1 GHz, se reporter à l'Annexe D de la CISPR 16-1-4. Une autre pince absorbante peut être nécessaire si des mesures sont effectuées en dehors de cette gamme de fréquences.

The logarithmic ratio of the powers P_1 and $P_{2\max}$ is termed coupling attenuation, expressed in dB.

For unbalanced (coaxial) cables, the measurement result is the screening attenuation. For balanced (symmetrical) cables, we have to consider two cases:

- a) disturbing power fed in differential mode: the measurement result is the coupling attenuation, which is the combined result of both unbalance attenuation and screening attenuation;
- b) disturbing power fed in common mode: the measurement result is the screening attenuation.

The surface current is measured on a swept-frequency basis with a stationary clamp.

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

$$a_c = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{\max[P_{2n}; P_{2f}]} \right)$$

where

P_1 is the input power of inner circuit of the sample;

P_{2n} is the maximum near end coupling peak power;

P_{2f} is the maximum far end coupling peak power.

5 Measurement

5.1 Equipment

5.1.1 General

The test set-up shall have a noise floor at least 6 dB better than the instrument reading required for the value to be reported. This means, for instance, that a test with an equipment dynamic range of at least 115 dB is required for measuring coupling attenuation or screening attenuation up to approximately 90 dB, when the full attenuation of a normal absorbing clamp and balun (if applicable) are taken into account. The precision of any equipment shall be better than ± 1 dB.

The equipment shall be capable of measuring coupling attenuation or screening attenuation in the full frequency range from 30 MHz to 1 GHz if not specified otherwise in the relevant cable specification.

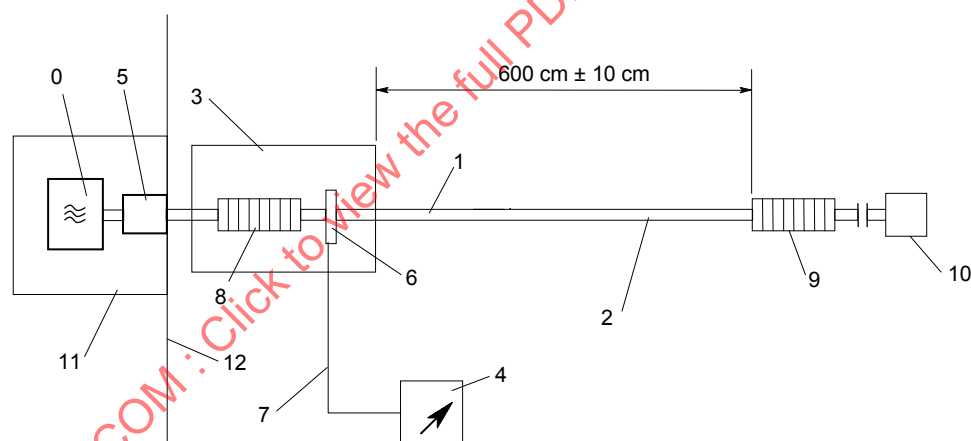
The measurement set-up can be performed using a vector network analyser or alternatively a discrete signal generator and selective measuring receiver.

A vertical metallic reflector plate whose height and width shall both be at least 800 mm shall be placed directly in front of the generator. The plate shall have a central hole to accommodate the cable under test.

The measuring set-up for the maximum radiated power at the near end (using discrete instruments) is shown in Figure 1 and consists of:

- a) absorbing clamp with a min. frequency range from 30 MHz to 1 GHz, see Annex D of CISPR 16-1-4. An alternative absorbing clamp may be required if measurements are performed outside this frequency range;

- b) un symétriseur pour adapter l'impédance du signal de sortie du générateur asymétrique sur l'impédance caractéristique du câble symétrique (uniquement pour les câbles symétriques);
- c) un absorbeur à ferrite avec une gamme de fréquences minimale comprise entre 30 MHz et 1 GHz et un affaiblissement minimal de 10 dB;
- d) une plaque de réflexion (800 mm × 800 mm minimum);
- e) un générateur de signaux ou un analyseur de réseau vectoriel avec la même impédance caractéristique que le port asymétrique du symétriseur (le cas échéant) couplé par un amplificateur de puissance, si nécessaire, pour les grandes plages dynamiques;
- f) un récepteur avec un affaiblisseur à gradins étalonné ou un analyseur de réseau, couplé par un amplificateur à faible bruit, si nécessaire, pour les grandes plages dynamiques;
- g) une imprimante;
- h) des réseaux de résistance de charge qui terminent les impédances nominales caractéristiques en mode différentiel et en mode commun (le cas échéant);
- i) si les équipements ne respectent pas les exigences pour le niveau de bruit de fond, lorsque des câbles symétriques et correctement blindés sont mesurés, il est possible d'améliorer la plage dynamique du montage à l'aide d'un amplificateur externe. L'amplificateur doit être correctement blindé et le boîtier doit être connecté à la plaque de réflexion. Le gain de l'amplificateur doit être mesuré et corrigé dans les résultats d'essai. Lorsque le gain de l'amplificateur est mesuré, des précautions doivent être prises pour ne pas saturer l'amplificateur. Pour ne pas surcharger l'équipement, un affaiblisseur peut être nécessaire devant l'entrée de réception pendant la mesure. L'affaiblissement de cet affaiblisseur doit être mesuré et utilisé pour corriger le résultat.



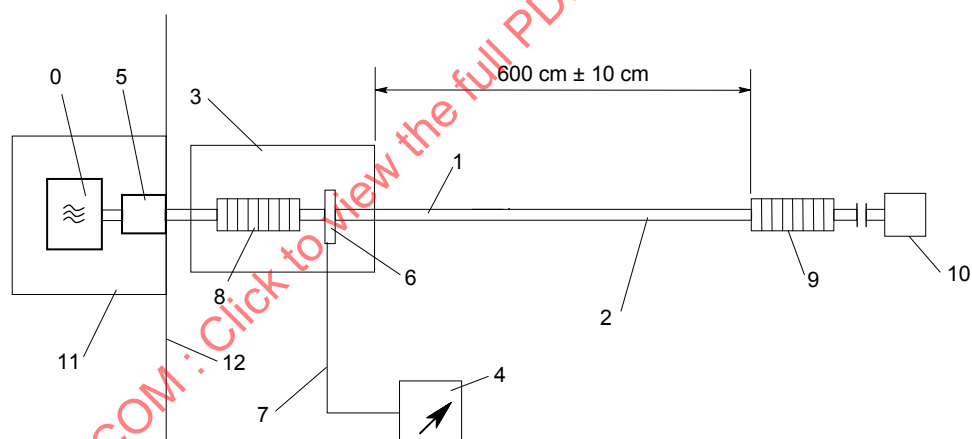
IEC 386/06

Légende

- | | |
|----|---|
| 0 | Générateur de signaux, impédance de sortie Z_0 |
| 1 | Câble en essai, impédance caractéristique nominale Z_1 |
| 2 | Circuit externe du câble en essai, impédance Z_2 |
| 3 | Pince absorbante, impédance Z_3 |
| 4 | Récepteur de mesure |
| 5 | Symétriseur (le cas échéant) |
| 6 | Transformateur de courant de la pince |
| 7 | Câble du récepteur de mesure (le même câble est utilisé pour les mesures et pour l'étalonnage) |
| 8 | Absorbeur (tube de ferrite) de la pince, pertes d'insertion >10 dB |
| 9 | Absorbeur (ou deuxième pince), pertes d'insertion >10 dB |
| 10 | Terminaison du câble en essai |
| 11 | Blindage du générateur de signaux et symétriseur si nécessaire pour les grandes plages dynamiques |
| 12 | Plaque de réflexion |

Figure 1 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus proche de l'échantillon

- b) balun for impedance matching of unbalanced generator output signal to balanced cable characteristic impedance (applicable only for symmetrical cables);
- c) ferrite absorber with a min. frequency range from 30 MHz to 1 GHz with a minimum attenuation of 10 dB;
- d) reflector plate (min. 800 mm × 800 mm);
- e) signal generator or vector network analyser with the same characteristic impedance as the unbalanced port of the balun (if applicable), coupled by a power amplifier if necessary for very high dynamic range requirements;
- f) receiver with a calibrated step attenuator or vector network analyser, coupled by a low noise amplifier if necessary for very high dynamic range requirements;
- g) printing facility;
- h) load resistance networks which terminates the nominal characteristic common and differential mode impedances (if applicable);
- i) if the equipment does not observe the requirement for the level of noise floor, when well screened and balanced cables are measured, the dynamic range of the set-up may be improved by the use of an external amplifier. The amplifier shall be well screened and the enclosure shall be connected to the reflector plate. The gain of the amplifier shall be measured and corrected for in the test result. When the gain of the amplifier is measured, precautions shall be taken not to saturate the amplifier. In order not to overload the equipment an attenuator may be needed in front of the receiving input during the measurement. The attenuation of this attenuator shall be measured and used for correction of the result.



IEC 386/06

Key

- 0 Signal generator, output impedance Z_0
- 1 Cable under test, nominal characteristic impedance Z_1
- 2 Outer circuit of cable under test, impedance Z_2
- 3 Absorbing clamp, impedance Z_3
- 4 Measuring receiver
- 5 Balun (if applicable)
- 6 Current transformer of the clamp
- 7 Measuring receiver cable (use the same in measurement and calibration)
- 8 Absorber (ferrite tube) of the clamp, insertion loss >10 dB
- 9 Absorber (or second clamp), insertion loss >10 dB
- 10 Termination of the cable under test
- 11 Shield of signal generator and balun if needed for very high dynamic range
- 12 Reflector plate

Figure 1 – Measurement of surface waves at the near end of the sample

5.1.2 Exigences du symétriseur

Pour la mesure de câbles symétriques, un symétriseur est nécessaire pour convertir l'impédance primaire de la sortie asymétrique provenant du générateur de signaux en impédance caractéristique nominale de la paire de câbles symétriques en essai. Les exigences minimales du symétriseur sont spécifiées dans le Tableau 1.

L'affaiblissement du symétriseur doit être maintenu aussi bas que possible parce qu'il limite la plage dynamique des mesures d'affaiblissement de couplage.

Tableau 1 – Caractéristiques des performances du symétriseur (30 MHz à 1 GHz)

Paramètre	Valeur
Impédance, primaire ¹⁾	50 Ω (asymétrique)
Impédance, secondaire ²⁾	100 Ω ou 150 Ω (symétrique)
Perte d'insertion ³⁾ (y compris les affaiblisseurs d'adaptation, le cas échéant)	≤ 10 dB
Affaiblissement d'adaptation, bidirectionnel	≥ 6 dB
Puissance assignée	Pour s'adapter à la puissance du générateur et de l'amplificateur (le cas échéant)
Équilibre de tension de sortie ⁴⁾	≥ 50 dB de 30 MHz à 100 MHz ≥ 30 dB de 100 MHz à 1 GHz
¹⁾ L'impédance primaire peut être différente si nécessaire pour s'adapter aux sorties de l'analyseur autres que 50 Ω . ²⁾ Les sorties symétriques des symétriseurs d'essai doivent être adaptées à l'impédance nominale de la paire de câbles symétriques. Une résistance de 100 Ω doit être utilisée pour une terminaison de câbles de 120 Ω . ³⁾ L'affaiblissement opérationnel d'un symétriseur doit être soustrait mathématiquement des 3 mesures d'affaiblissement opérationnel avec 3 symétriseurs dos à dos. ⁴⁾ Mesuré selon les Recommandations ITU-T G.117 et O.9.	

5.2 Echantillon en essai

5.2.1 Longueur du câble contrôlé

La longueur effective de l'échantillon en essai est limitée par la pince absorbante et le tube de ferrite, comme cela est représenté sur la Figure 1. Cette longueur doit être égale à 600 cm $\pm$ 10 cm.

5.2.2 Préparation de l'échantillon en essai

5.2.2.1 Généralités

Si le trou de la pince absorbante est plus petit que le diamètre de l'échantillon en essai, il doit être étendu aux deux extrémités par des lignes plus petites. Les lignes d'extension doivent avoir un bien meilleur affaiblissement d'écran que l'échantillon en essai. Si possible, il convient d'utiliser des lignes avec un conducteur externe tubulaire.

5.2.2.2 Câbles symétriques

5.2.2.2.1 Préparation pour la mesure de l'affaiblissement de couplage

La longueur totale du câble doit être supérieure à 100 m. La longueur du câble contrôlé (de la pince absorbante à l'absorbeur) doit être conforme à 5.2.1.

5.1.2 Balun requirements

For the measurement of symmetrical cables, a balun is required for conversion of the primary impedance of the unbalanced output from the signal generator to the nominal characteristic impedance of the balanced cable pair under test. The minimum requirements of the balun are specified in Table 1.

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

Table 1 – Balun performance characteristics (30 MHz to 1 GHz)

Parameter	Value
Impedance, primary ¹⁾	50 Ω (unbalanced)
Impedance, secondary ²⁾	100 Ω or 150 Ω (balanced)
Insertion loss ³⁾ (including matching pads if used)	≤ 10 dB
Return loss, bi-directional	≥ 6 dB
Power rating	To accommodate the power of the generator and amplifier (if applicable)
Output signal balance ⁴⁾	≥ 50 dB from 30 MHz to 100 MHz ≥ 30 dB from 100 MHz to 1 GHz
¹⁾ Primary impedance may differ if necessary to accommodate analyser outputs other than 50 Ω . ²⁾ 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. ³⁾ The operational attenuation of a balun shall be mathematically deduced from 3 operational attenuation measurements with 3 baluns back-to-back. ⁴⁾ Measured per ITU-T Recommendations G.117 and O.9.	

5.2 Test sample

5.2.1 Tested cable length

The effective length of the test specimen is limited by the absorbing clamp and the ferrite tube, as shown in Figure 1. This length shall be 600 cm $\pm$ 10 cm.

5.2.2 Preparation of test sample

5.2.2.1 General

If the bore of the absorbing clamp is smaller than the diameter of the test specimen, it shall be extended at both ends by means of smaller indicator lines. The extension lines shall have a much better screening attenuation than the test specimen. If possible, lines with a tubular outer conductor should be used.

5.2.2.2 Symmetrical cables

5.2.2.2.1 Preparation for the measurement of the coupling attenuation

The entire length of the cable shall be at least 100 m. The tested cable length (from absorbing clamp to the absorber) shall comply with 5.2.1.

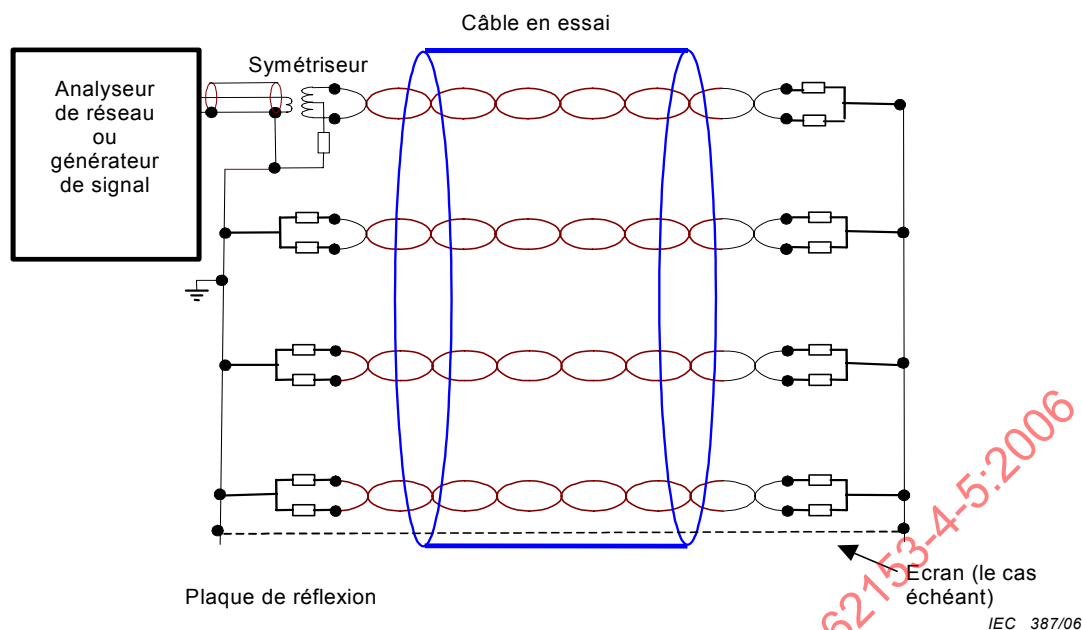


Figure 2 – Terminaison d'un câble symétrique blindé

Une terminaison en mode différentiel ou en mode commun est nécessaire pour chaque paire au niveau de l'extrémité la plus proche ou éloignée du câble, se reporter à la Figure 2. Les terminaisons doivent être correctement blindées de telle sorte que les résultats des essais ne soient pas faussés.

La valeur des résistances doit être la moitié de l'impédance caractéristique nominale du câble en essai.

Les prises centrales des terminaisons doivent être connectées les unes aux autres. Dans le cas de câbles blindés, les prises centrales doivent être connectées aux écrans.

5.2.2.2.2 Préparation pour la mesure de l'affaiblissement d'écran (câbles blindés uniquement)

5.2.2.2.2.1 Généralités

La longueur totale du câble ne doit pas être plus grande que la longueur du câble contrôlé plus la longueur de la prise et de l'absorbeur. La longueur du câble soumise à l'essai (de la pince absorbante à l'absorbeur) doit être conforme à 5.2.1.

Les câbles symétriques blindés sont traités comme un système quasi coaxial. Ainsi, les conducteurs de toutes les paires doivent être connectés les uns aux autres aux deux extrémités. Tous les écrans, y compris ceux des paires ou des quartes blindées, doivent être connectés les uns aux autres aux deux extrémités. Les écrans doivent être connectés sur toute la circonférence (voir Figure 3).

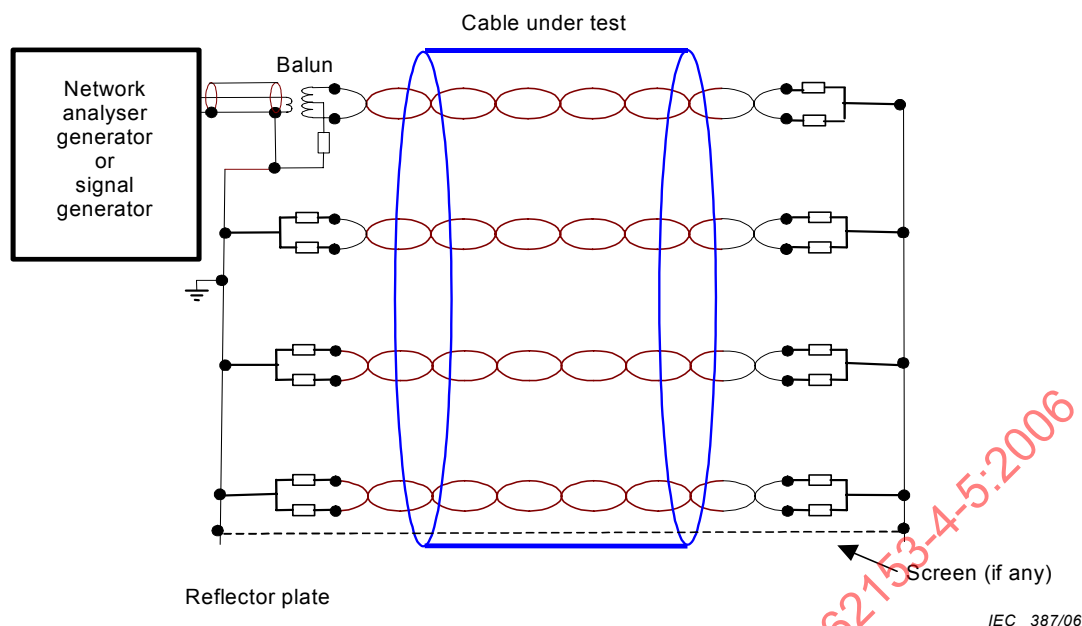


Figure 2 – Termination of a screened symmetrical cable

A differential and common mode termination is required for each pair at the near and far end of the cable, see Figure 2. The terminations shall be well screened, so that the test results are not falsified.

The value of the resistors shall be one half the nominal characteristic impedance of the cable under test.

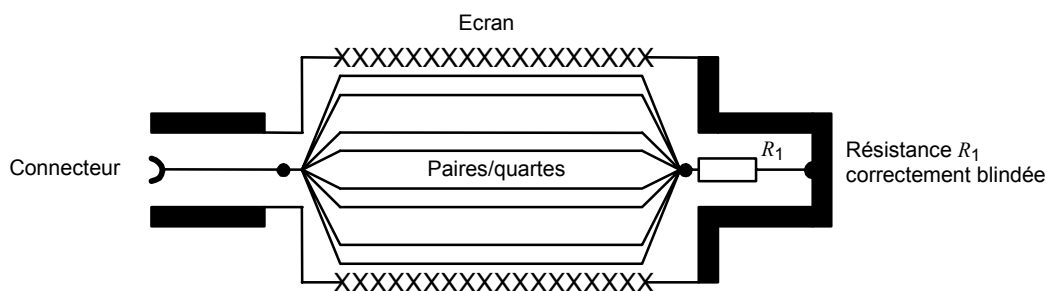
The centre taps of the terminations shall be connected together. In the case of screened cables, the centre taps shall be connected to the screens.

5.2.2.2.2 Preparation for the measurement of the screening attenuation (screened cables only)

5.2.2.2.2.1 General

The entire length of the cable need not be longer than the tested cable length plus the length of the clamp and the absorber. The tested cable length (from absorbing clamp to absorber) shall comply with 5.2.1.

Screened symmetrical cables are treated as a quasi coaxial system. Therefore, the conductors of all pairs shall be connected together at both ends. All screens, also those of individually screened pairs or quads, shall be connected together at both ends. The screens shall be connected over the whole circumference (see Figure 3).



**Figure 3 – Préparation de l'échantillon en essai
(câbles symétriques et multiconducteurs)**

Le système quasi coaxial doit être terminé sur son impédance caractéristique nominale. La terminaison doit être correctement blindée de telle sorte que les résultats des essais ne soient pas faussés. L'impédance du système quasi coaxial peut être mesurée soit en utilisant un réflectomètre dans le domaine temporel (TDR) avec un temps de montée de maximum 200 ps, soit en utilisant la méthode décrite ci-dessous. En outre, un adaptateur d'impédance est nécessaire pour adapter l'impédance du générateur et l'impédance du système quasi coaxial.

5.2.2.2.2 Impédance du système interne

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

$$f_{\text{test}} \approx \frac{c}{8 \times L_{\text{sample}} \times \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

où

- f_{test} est la fréquence d'essai;
- c est la vitesse de la lumière, 3×10^8 m/s;
- L_{sample} est la longueur d'un échantillon;
- ϵ_{r1} est la constante diélectrique du système interne.

L'échantillon est en court-circuit à l'extrémité la plus éloignée. L'impédance Z_{short} est mesurée.

L'échantillon est laissé ouvert à l'endroit où il était en court-circuit. L'impédance Z_{open} est mesurée.

L'impédance du système quasi coaxial Z_1 se calcule comme suit:

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

5.2.2.2.3 $Z_1 < 50 \Omega$

Si l'impédance du système interne Z_1 , et donc la résistance de charge R_1 , est inférieure à 50Ω (l'impédance du générateur), les formules ci-dessous sont utilisées:

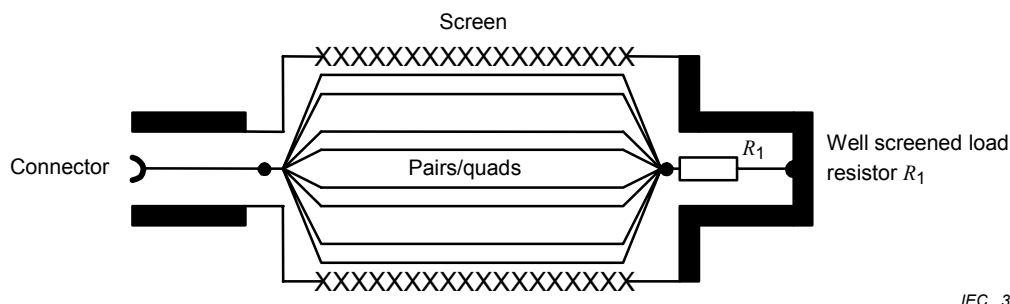


Figure 3 – Preparation of test sample (symmetrical and multi conductor cables)

The quasi coaxial system shall be terminated with its nominal characteristic impedance. The termination shall be well screened, so that the test results are not falsified. The impedance of the quasi coaxial system can either be measured by using a TDR with maximum 200 ps rise time or using below described method. Furthermore an impedance matching adapter is necessary to match the impedance of the generator and the impedance of the quasi coaxial system.

5.2.2.2.2.2 Impedance of inner system

One end of the prepared sample is connected to a network analyser, which is calibrated for impedance measurements at the connector interface 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.

$$f_{\text{test}} \approx \frac{c}{8 \times L_{\text{sample}} \times \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

where

- f_{test} is the test frequency;
- c is the velocity of light, 3×10^8 m/s;
- L_{sample} is the length of sample;
- ϵ_{r1} is the dielectric constant of the inner system.

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.

The impedance of the quasi coaxial system Z_1 is calculated as:

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

5.2.2.2.2.3 $Z_1 < 50 \Omega$

If the impedance of the inner system Z_1 and subsequently the load resistor R_1 is less than 50Ω (the generator impedance), the formulas below are used:

$$R_s = 50 \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}}$$

où

R_s est la résistance série;

R_p est la résistance parallèle.

La configuration est illustrée à la Figure 4.

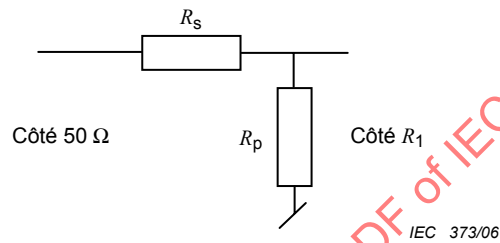


Figure 4 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 < 50 \Omega$

Le gain en tension k_m du circuit est:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s}$$

5.2.2.2.4 $Z_1 > 50 \Omega$

Si l'impédance du système interne Z_1 , et donc la résistance R_1 , est supérieure à 50Ω (l'impédance du générateur), les formules ci-dessous sont utilisées:

$$R_s = R_1 \sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}}$$

$$R_s = 50 \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}}$$

where

R_s is the series resistor ;

R_p is the parallel resistor.

The configuration is depicted in Figure 4.

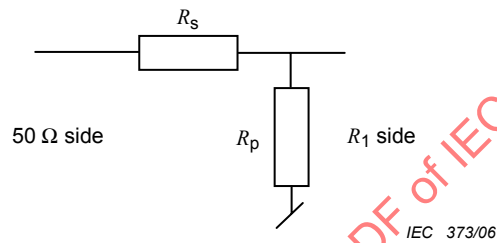


Figure 4 – Impedance matching for $Z_1 < 50 \Omega$

The voltage gain k_m of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s}$$

5.2.2.2.2.4 $Z_1 > 50 \Omega$

If the impedance of the inner system Z_1 and subsequently R_1 is greater than 50Ω (the generator impedance) the formulas below are used:

$$R_s = R_1 \sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_1}}}$$

La configuration est illustrée à la Figure 5.

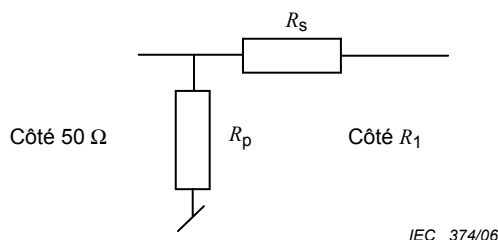


Figure 5 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 > 50 \Omega$

Le gain en tension k_m du circuit est:

$$k_m = \frac{R_1}{R_s + R_1}$$

5.2.2.3 Câbles multiconducteur

A l'étude.

5.2.2.4 Câbles coaxiaux

La longueur totale du câble ne doit pas être plus grande que la longueur du câble soumise à l'essai plus la longueur de la prise et de l'absorbeur. La longueur du câble contrôlé (de la pince absorbante à l'absorbeur) doit être conforme à 5.2.1.

Le câble doit être terminé sur son impédance caractéristique nominale. La terminaison doit être correctement blindée de telle sorte que les résultats des essais ne soient pas faussés.

5.3 Procédure d'étalonnage

5.3.1 Affaiblissement du montage de mesure

5.3.1.1 Généralités

L'affaiblissement du montage de mesure est déterminé en commençant par mesurer la perte composite, puis en corrigeant la perte de réflexion dans le montage d'étalonnage, se reporter à la Figure 6.

De cette manière, on trouve la réponse de la pince absorbante à la puissance d'une onde de surface incidente.

La perte de réflexion dans le montage de mesure, qui est provoquée par l'inadaptation entre l'impédance de l'onde de surface, Z_2 , et l'impédance de la pince n'est pas prise en compte dans la mesure. L'erreur générée par l'oubli de cette impédance peut être négligée.

The configuration is depicted in Figure 5.

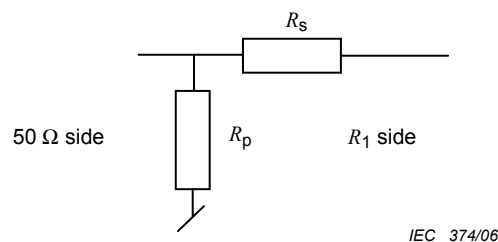


Figure 5 – Impedance matching for $Z_1 > 50 \Omega$

The voltage gain, k_m , of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_1}{R_s + R_1}$$

5.2.2.3 Multi-conductor cables

Under consideration.

5.2.2.4 Coaxial cables

The entire length of the cable need not be longer than the tested cable length plus the length of the clamp and the absorber. The tested cable length (from absorbing clamp to absorber) shall comply with 5.2.1.

The cable shall be terminated with its nominal characteristic impedance. The termination shall be well screened, so that the test results are not falsified.

5.3 Calibration procedure

5.3.1 Attenuation of the measuring set-up

5.3.1.1 General

The attenuation of the measuring set-up is determined by first measuring the composite loss and then correcting for the reflection loss in the calibration set-up, see Figure 6.

In this way, the response of the absorbing clamp to the power of an incident surface wave is found.

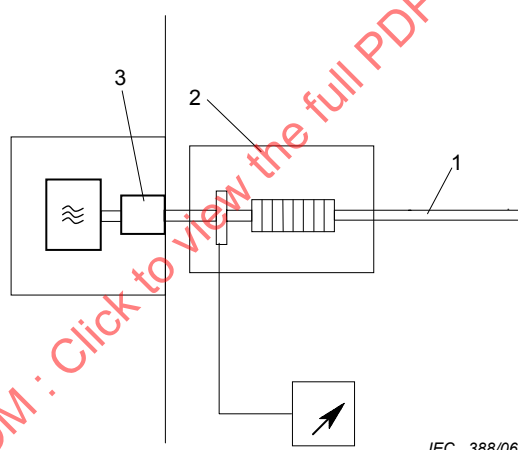
The reflection loss in the measurement set-up, which is caused by the mismatch between the impedance of the surface wave, Z_2 , and the impedance of the clamp, is not taken into account in the measurement. The error caused by not including this impedance mismatch can be neglected.

5.3.1.2 Perte composite du montage de mesure

Pour déterminer la perte composite, la puissance de sortie du générateur est délivrée directement au circuit externe, le circuit externe étant composé de l'écran de câble (pour les câbles blindés) ou de tous les conducteurs connectés ensemble (pour les câbles symétriques non blindés) et de l'entourage. La terminaison du générateur directement sur l'écran du câble en essai (pour les câbles blindés) ou sur tous les conducteurs connectés ensemble (pour les câbles symétriques non blindés) est représentée sur la Figure 6 (illustrée en utilisant des instruments discrets) et sur la Figure 7. La perte composite de ce montage d'étalonnage a_{cal} provient de la mesure de la puissance de sortie de la pince absorbante dans toute la gamme de fréquences concernée. L'affaiblissement des fils d'essai doit être inclus dans l'étalonnage de l'analyseur de réseau.

La résistance de la connexion entre la sortie du générateur et l'écran de câble ou les conducteurs connectés les uns aux autres doit être faible (section de cuivre de 0,75 mm² minimum) et courte (10 mm maximum depuis l'extrémité du câble). L'extrémité du câble doit être alignée (± 2 mm) avec le côté avant de la pince.

L'écran du câble de sortie provenant du générateur de signaux doit être connecté à la plaque de réflexion pour fournir un chemin de retour pour le signal. Cela peut être fait en installant un connecteur (par exemple un connecteur coaxial) dans la plaque de réflexion et en connectant le générateur à ce connecteur à l'aide d'un câble à faibles pertes (par exemple un câble coaxial). La connexion par câble est faite au niveau du contact central de ce connecteur.



IEC 388/06

Légende

- 1 Ecran ou conducteur externe de l'échantillon en essai
- 2 Pince absorbante
- 3 Connecteur installé dans la plaque de réflexion

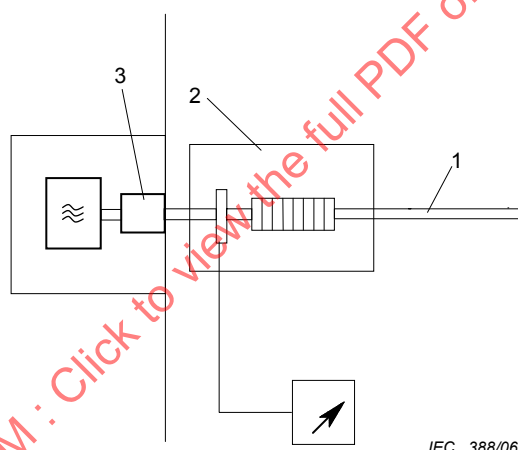
Figure 6 – Montage d'étalonnage

5.3.1.2 Composite loss of the measuring set-up

To determine the composite loss, the output power of the generator is fed directly into the outer circuit, composed of the cable screen (for screened cables) or all conductors connected together (for unscreened balanced cables) and the surrounding. The termination of the generator directly to the screen of the cable under test (for screened cables) or to all conductors connected together (for unscreened balanced cables) is shown in Figure 6 (illustrated using discrete instruments) and Figure 7. The composite loss of this calibration set-up a_{cal} is derived from the measurement of output power from the absorbing clamp in the full frequency range of interest. The attenuation of the test leads shall be included in the calibration of the network analyser.

The connection from the generator output to the cable screen or conductors connected together shall be of low resistance (minimum 0,75 mm² copper cross section) and short (maximum 10 mm from the cable end). The cable end shall be in line (± 2 mm) with the front side of the clamp.

The screen of the output cable from the signal generator shall be connected to the reflector plate to provide a return path for the signal. This can be done by mounting a connector (for instance coax connector) in the reflector plate and connecting the generator to this connector through a low loss cable (for instance coax cable). The cable connection is made to the centre contact of this connector.



IEC 388/06

Key

- 1 Screen or outer conductor of test sample
- 2 Absorbing clamp
- 3 Connector mounted in reflector plate

Figure 6 – Calibration set-up

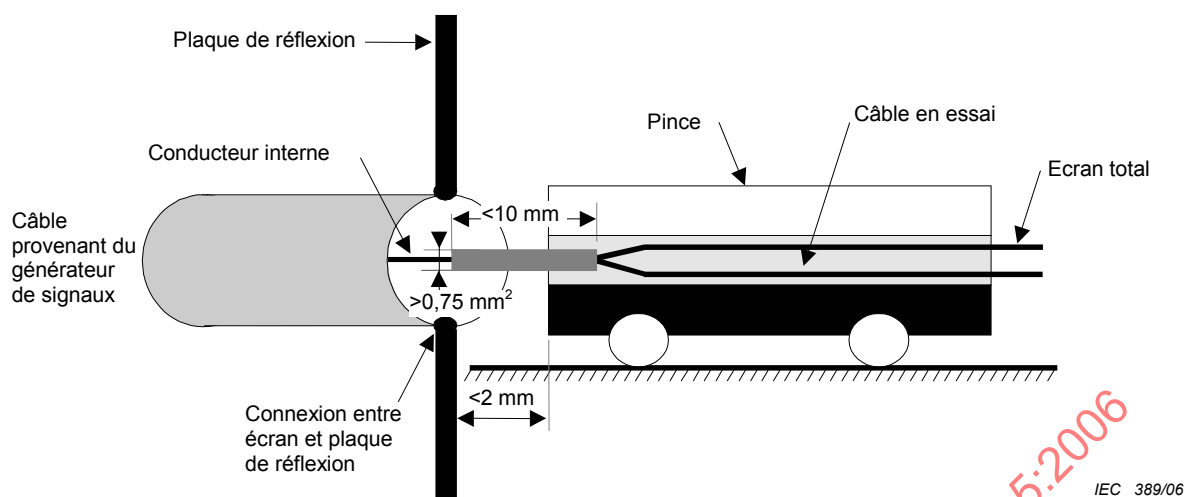


Figure 7 – Terminaison pendant étalonnage

5.3.1.3 Perte de réflexion de la pince absorbante dans le montage d'étalonnage

La mesure de la perte composite de 5.3.1.2 inclut la perte de réflexion causée par la non-adaptation entre le générateur et l'échantillon de câble placé dans la pince dans le montage d'étalonnage.

L'affaiblissement de la pince, y compris l'affaiblissement des fils d'essai, a_{cl} , se calcule comme suit:

$$a_{cl} = a_{cal} - a_{rfl}$$

où

a_{cal} est la perte composite;

a_{rfl} est la perte de réflexion.

$$a_{cal} = -20 \log_{10}(|S_{21}|)$$

où

S_{21} est le paramètre de diffusion mesuré lorsque la puissance est délivrée directement au circuit externe et la puissance de sortie de la pince absorbante est mesurée.

La perte de réflexion, a_{rfl} , est déterminée en mesurant les coefficients complexes de réflexion de la pince dans le montage d'étalonnage et en calculant a_{rfl} comme suit:

$$a_{rfl} = -10 \log_{10}|1 - (S_{11})^2|$$

où

S_{11} est le paramètre de diffusion mesuré lorsque la puissance est délivrée directement au circuit externe et la puissance réfléchie est mesurée.

La mesure est normalement effectuée en mesurant le paramètre de diffusion S_{11} à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel. S_{11} est égal au coefficient de réflexion. Le point d'étalonnage pour cette mesure de S_{11} est l'interface où le câble en essai est connecté à la sortie du générateur. Il peut s'agir par exemple de la broche de sortie du connecteur dans la plaque de réflexion.

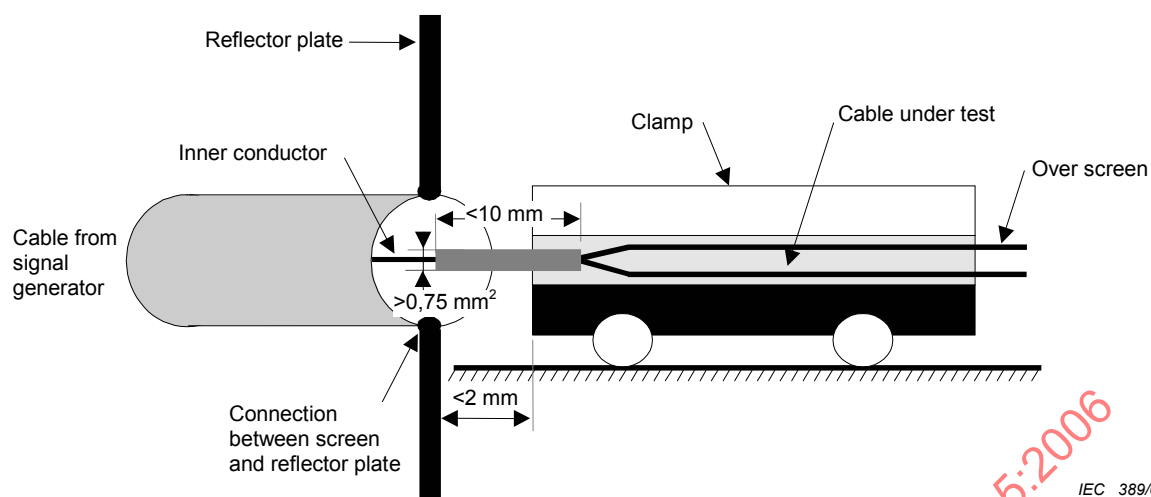


Figure 7 – Termination during calibration

5.3.1.3 Reflection loss of the absorbing clamp in the calibration set-up

The composite loss measurement of 5.3.1.2 includes the reflection loss caused by the mismatch between the generator and the cable sample positioned in the clamp in the calibration set-up.

The attenuation of the clamp, including the attenuation of the test leads, a_{cl} is calculated as:

$$a_{cl} = a_{cal} - a_{rfl}$$

where

a_{cal} is the composite loss;

a_{rfl} is the reflection loss.

$$a_{cal} = -20 \log_{10}(|S_{21}|)$$

where

S_{21} is the measured scattering parameter when the power is fed directly to the outer circuit and the output power of the absorbing clamp is measured.

The reflection loss, a_{rfl} , is determined by measuring the complex reflection coefficients of the clamp in the calibration set-up and calculating a_{rfl} as:

$$a_{rfl} = -10 \log_{10} |1 - (S_{11})^2|$$

where

S_{11} is the measured scattering parameter when the power is fed directly to the outer circuit and the reflected power is measured.

The measurement is normally performed by measuring the scattering parameter S_{11} with a vector network analyser. S_{11} is equal to the reflection coefficient. The calibration point for this S_{11} measurement is the interface where the cable under test is connected to the generator output. This means, for instance, at the output pin of the connector in the reflector plate.

L'affaiblissement a_m du montage de mesure qui doit être soustrait de toutes les mesures de câble en essai peut maintenant se calculer comme suit:

$$a_m = a_{cal} - a_{rfl} + a_{balun} \text{ (le cas échéant)}$$

où

a_m est l'affaiblissement du montage de mesure;

a_{cal} est la perte composite mesurée du montage de mesure;

a_{balun} est l'affaiblissement du symétriseur utilisé (le cas échéant);

a_{rfl} est la perte de réflexion causée par une non adaptation entre le générateur et le circuit externe dans le montage d'étalonnage.

5.3.2 Perte d'insertion des absorbeurs

La perte d'insertion des absorbeurs doit garantir que les ondes réfléchies par la section de câble derrière l'absorbeur sont supprimées. Ainsi, une valeur supérieure à 10 dB est nécessaire. La disposition de mesure est représentée sur la Figure 8.

L'absorbeur à mesurer doit être placé aussi près que possible du point de connexion n° 4 sur la Figure 8. L'espace doit être bien inférieur à 1/4 de la longueur d'onde dans le système secondaire à la fréquence la plus élevée à mesurer.

Directement derrière l'absorbeur en essai, comme on le voit depuis le générateur, le courant dans le conducteur du câble externe (en utilisant un câble coaxial) ou l'écran de câble (en utilisant un câble symétrique) est mesuré dans la pince absorbante, se reporter à la Figure 8a. La terminaison du conducteur de câble externe ou de l'écran de câble sur la sortie du générateur se fait comme cela est décrit en 5.3.1.2. L'absorbeur en essai est alors retiré, et, sans que la pince absorbante ne change de position, le courant de la pince est mesuré une nouvelle fois, voir Figure 8b. La différence de niveau est la perte d'insertion de l'absorbeur.

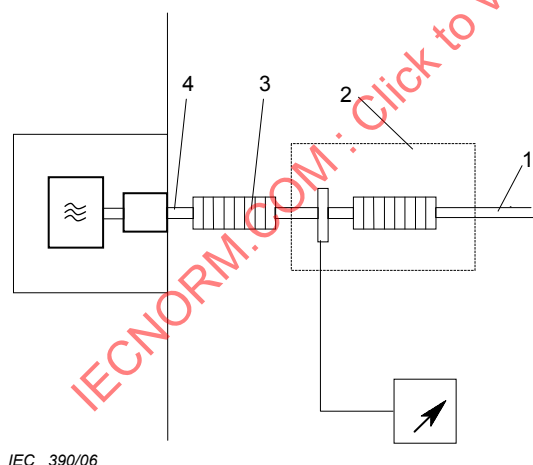


Figure 8a – Mesure avec l'absorbeur en essai

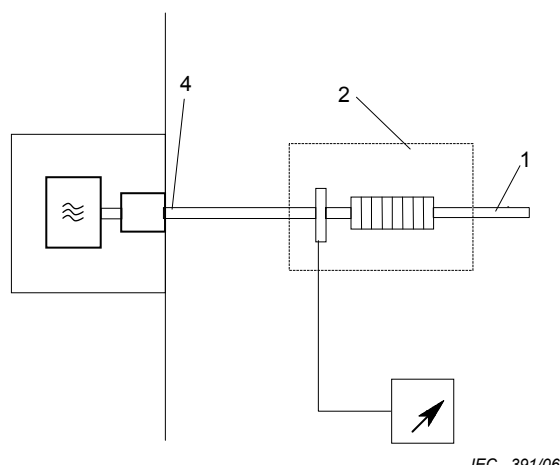


Figure 8b – Mesure sans l'absorbeur en essai

Légende

- 1 Echantillon de câble
- 2 Pince absorbante
- 3 Absorbeur en essai
- 4 Connexion du conducteur externe isolé de câble coaxial ou de l'écran de câble symétrique (échantillon 1) sur le conducteur interne du générateur

Figure 8 – Mesure de la perte d'insertion d'un absorbeur

The attenuation, a_m , of the measuring set-up, which shall be subtracted from all cable under test measurements, can now be calculated as:

$$a_m = a_{cal} - a_{rfl} + a_{balun} \text{ (if applicable)}$$

where

a_m is the attenuation of the measuring set-up;

a_{cal} is the measured composite loss of the measuring set-up;

a_{balun} is the attenuation of the balun used (if applicable);

a_{rfl} is the reflection loss caused by mismatch between generator and outer circuit in the calibration set-up.

5.3.2 Insertion loss of the absorbers

The insertion loss of the absorbers shall ensure that waves reflected by the cable section behind the absorber are suppressed. Therefore a value greater than 10 dB is necessary. The measuring arrangement is shown in Figure 8.

The absorber to be measured is to be positioned as close as possible to connection point 4 in Figure 8. The gap shall be much smaller than 1/4 of the wavelength in the secondary system at the highest frequency to be measured.

Directly behind the absorber under test, as viewed from the generator, the current in the outer cable conductor (using a coax cable) or cable screen (using a balanced cable) is measured with an absorbing clamp, see Figure 8a. The termination of the outer cable conductor or cable screen to the generator output is made as described in 5.3.1.2. The absorber under test is then removed, and, with the absorbing clamp in an unchanged position, the clamp current is measured again, see Figure 8b. The level difference is the insertion loss of the absorber.

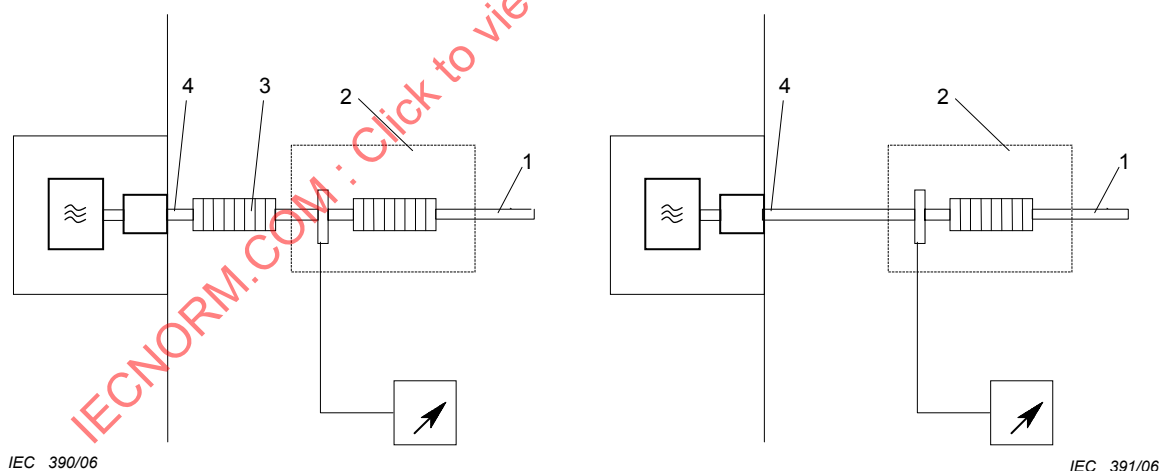


Figure 8a – Measurement with absorber under test Figure 8b – Measurement without absorber under test

Key

- 1 Cable sample
- 2 Absorbing clamp
- 3 Absorber under test
- 4 Connection of insulated outer conductor of coax cable or screen of balanced cable (sample 1) to inner conductor of generator

Figure 8 – Measurement of the insertion loss of an absorber

Si les exigences ne peuvent pas être satisfaites à de basses fréquences (en dessous de 100 MHz), les résultats à ces fréquences doivent être remplacés par les résultats obtenus à des fréquences plus élevées pour lesquelles les exigences sont satisfaites. L'extrapolation doit être effectuée en utilisant une ligne droite horizontale.

5.4 Montage d'essai

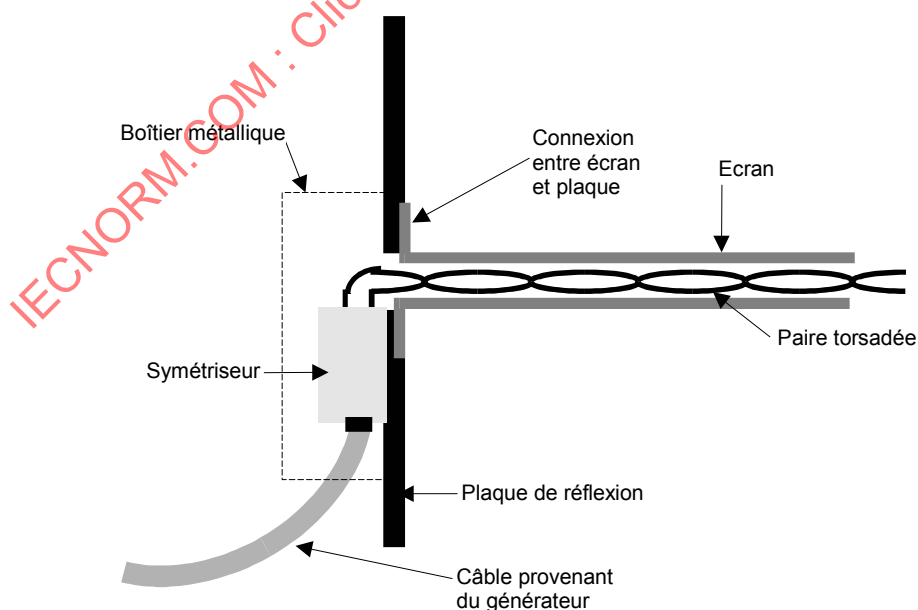
Le montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de couplage des câbles symétriques ou de l'affaiblissement d'écran des câbles asymétriques depuis l'extrémité la plus proche est représenté sur la Figure 9, la Figure 10 et la Figure 11. Dans les mesures des câbles asymétriques (coaxiaux), le symétriseur n'est pas inclus. Le montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de couplage ou de l'affaiblissement d'écran depuis l'extrémité la plus éloignée est représenté sur la Figure 12 dans laquelle la position de la pince absorbante et du tube de ferrite sont permutées. Le sens de la pince absorbante est changé pour diriger le transformateur de courant vers le câble en essai. À part cela, les mesures de l'extrémité la plus proche et de l'extrémité la plus éloignée sont identiques.

Le câble en essai est connecté à la borne de sortie du générateur de signaux ou du symétriseur (pour les câbles symétriques). Pour les câbles symétriques, il est recommandé de ne pas retirer les torsades des paires plus que nécessaire, c'est-à-dire 8 mm au maximum.

Le câble est suspendu dans le trou dans la plaque de réflexion, par exemple en utilisant des supports de câble, avec une distance minimale de 600 mm jusqu'à n'importe quel objet métallique ou non. La pince absorbante est placée sur une table non métallique, le côté du capteur étant placé à 50 mm maximum du bord de la table.

Des fils d'essai correctement blindés (c'est-à-dire au minimum un double blindage) doivent être utilisés pour connecter l'analyseur de réseau ou le générateur de signaux au symétriseur (le cas échéant) ou au câble en essai.

Les écrans du câble d'alimentation depuis le générateur, le symétriseur (le cas échéant) et l'écran du câble en essai (le cas échéant) doivent avoir des connexions de faible impédance jusqu'à la plaque (voir Figure 9).



IEC 392/06

Figure 9 – Exemple de connexions d'écran pour mesurer un câble à paire torsadée blindée

If the requirement cannot be met at low frequencies (under 100 MHz) the results at these frequencies shall be replaced by the results obtained at the higher frequencies for which the requirements are met. The extrapolation shall be performed using a horizontal straight line.

5.4 Test set-up

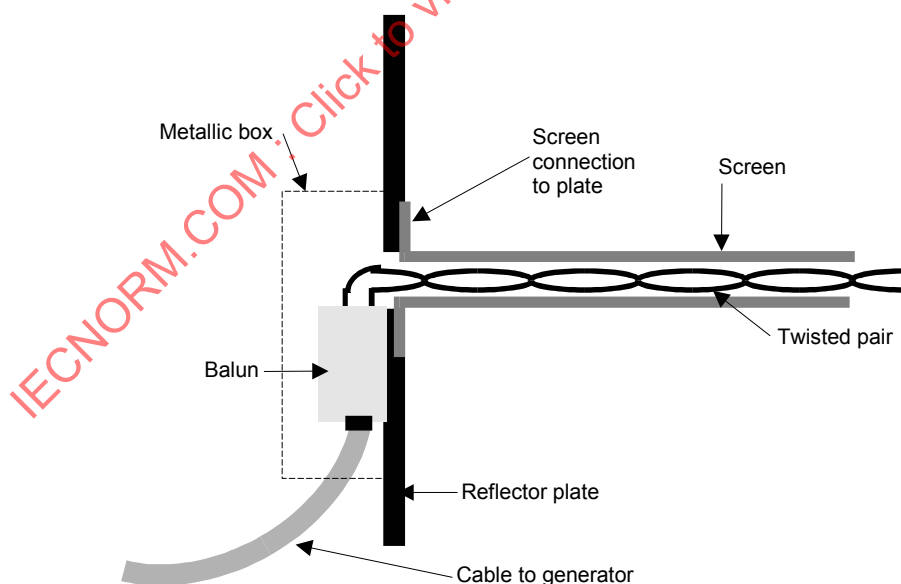
The test set-up for measurement of the coupling attenuation of balanced cables or screening attenuation of unbalanced cables from the near end is shown in Figure 9, Figure 10 and Figure 11. In measurements of unbalanced (coaxial) cables, the balun transformer is not included. The test set-up for the measurement of the coupling attenuation or screening attenuation from the far end is shown on Figure 12 where the position of the absorbing clamp and the ferrite tube are interchanged. The direction of the absorbing clamp is changed in order to make the current transformer point towards the cable under test. Otherwise, near end and far end measurements are identical.

The cable under test is connected to the output terminal of the signal generator or balun (for balanced cables). For balanced cables, care should be taken not to untwist pairs more than necessary, i.e. maximum 8 mm.

Through the hole in the reflector plate, the cable is suspended for instance using wire supports, with a minimum distance of 600 mm to any metallic or non-metallic objects. The absorbing clamp is placed on a non-metallic table with the sensor side maximum 50 mm from the edge of the table.

Well screened test leads (i.e. as a minimum, double screened) shall be used to connect the network analyser or signal generator to the balun (if applicable) or cable under test.

The screens of the feeding cable from the generator, the balun (if applicable) and the screen of the cable under test (if applicable) shall have low impedance connections to the plate (see Figure 9).



IEC 392/06

Figure 9 – Example of screen connections for screened twisted pair cable measurement

L'absorbeur est placé sur une table non métallique à 50 mm maximum du bord de la table. La distance entre la pince absorbante et l'absorbeur doit être $600 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$.

La terminaison du câble sur le symétriseur et les terminaisons de l'extrémité la plus éloignée doivent être blindées. À l'extrémité la plus proche, le blindage doit être réalisé par un boîtier métallique fixé au plan de masse. Le symétriseur et les câbles de connexion doivent être enfermés dans ce boîtier et les écrans des câbles doivent être fixés au métal à l'endroit où ils entrent dans le boîtier.

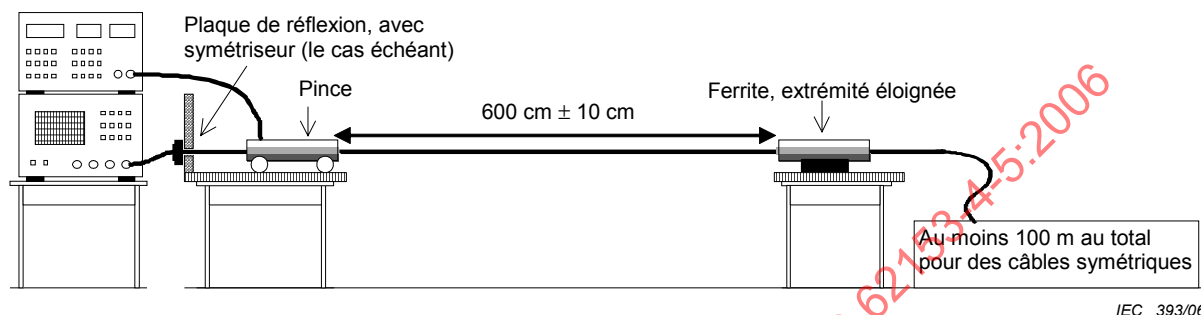
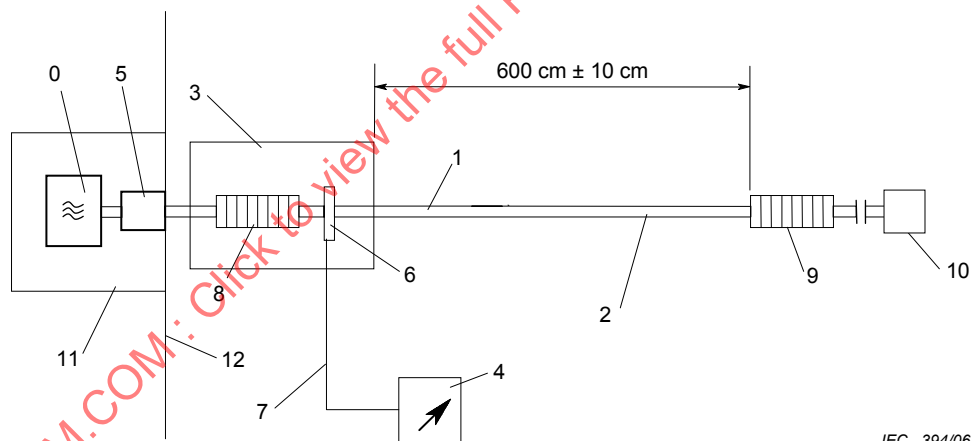


Figure 10 – Montage d'essai pour la mesure d'extrémité la plus proche de câble symétrique



Les légendes sur la figure sont les mêmes que pour la Figure 1.

Figure 11 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus proche de l'échantillon

The absorber is placed on a non-metallic table positioned maximum 50 mm from the edge of the table. The distance between absorbing clamp and the absorber shall be $600\text{ cm} \pm 10\text{ cm}$.

The termination of the cable to the balun and the terminations at the far end shall be screened. At the near end, this shall be performed by using a metal box fixed to the ground plane. The balun and connecting cables shall be enclosed in this box and the screens of the cables shall be fixed to the metal where they are fed into the box.

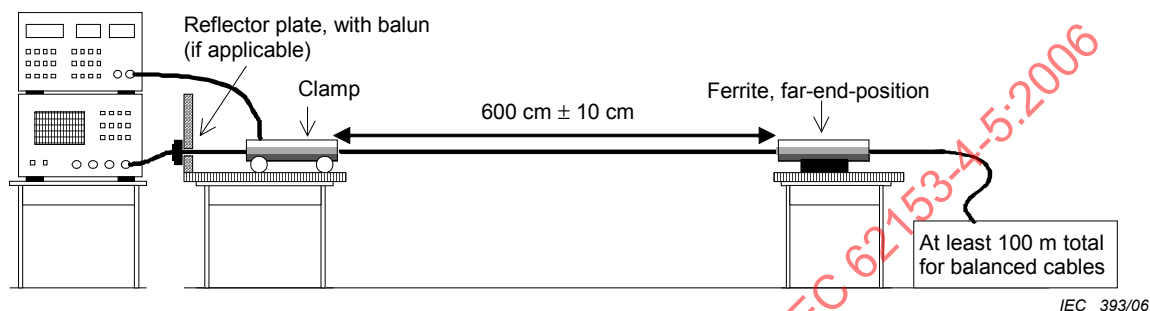
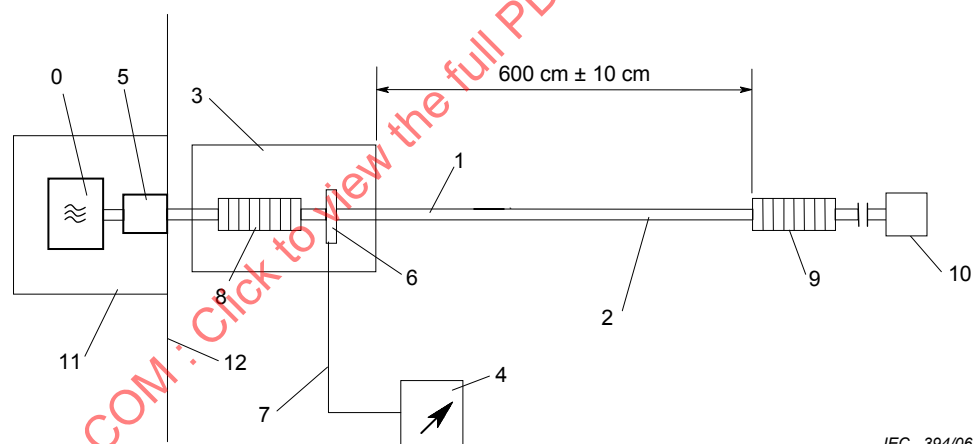


Figure 10 – Test set-up for near end measurement of symmetrical cable



For the keys to the figure, refer to Figure 1.

Figure 11 – Measurement of surface wave at near end of sample



Figure 12 – Mesure des ondes de surface au niveau de l'extrémité la plus éloignée de l'échantillon

5.4.1.1 Détermination de la sensibilité des mesures du montage

Cela est réalisé en mesurant l'affaiblissement d'écran ou l'affaiblissement de couplage d'un câble qui a un affaiblissement d'écran ou un affaiblissement de couplage supérieur (aussi élevé que possible) à celui du câble en essai. Le câble pour la détermination de la sensibilité de la mesure doit être du même type (coaxial ou symétrique) que le câble en essai.

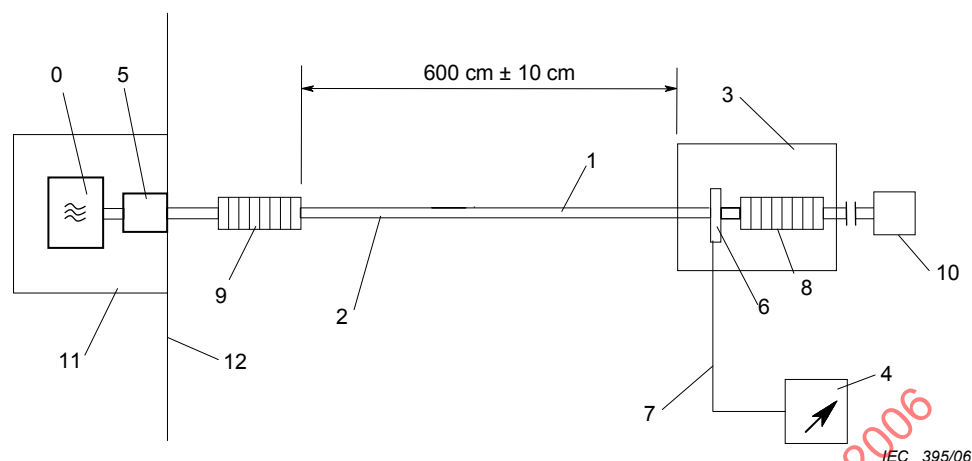
Le montage de mesure doit être exactement identique au montage pour le câble en essai. L'affaiblissement d'écran ou l'affaiblissement de couplage mesuré pour ce câble, utilisé pour la détermination de la sensibilité des mesures, définit l'affaiblissement d'écran ou l'affaiblissement de couplage le plus élevé, qui peut être mesuré par le montage. Cela est également représenté par le bruit de fond du montage.

Un exemple de manière fiable pour déterminer le bruit de fond du montage d'essai est d'utiliser un tube en cuivre nu qui contient une ou plusieurs paires torsadées, avec une terminaison en mode commun ou en mode différentiel. L'affaiblissement de couplage théorique de ce dispositif est meilleur que 100 dB sur toute la gamme de fréquences, 30 MHz à 1 000 MHz. Ainsi, l'affaiblissement de couplage mesurée reflète précisément la qualité de la fabrication de la connexion et le niveau de bruit de fond restant.

Pour les fréquences où les absorbeurs disponibles ne sont pas conformes aux exigences de 10 dB de pertes d'insertion, typiquement en dessous de 100 MHz, l'incertitude peut être plus élevée.

L'incertitude peut être réduite en soudant soigneusement les écrans au niveau de la plaque de réflexion et la terminaison des paires inutilisées.

La force de traction maximale doit être de 20 N.



For the keys to the figure, refer to Figure 1.

Figure 12 – Measurement of surface wave at far end of sample

5.4.1 Test set-up verification

5.4.1.1 Determination of measurement sensitivity of the set-up

Before measurements are performed, the measurement sensitivity of the test set-up shall be determined.

This is done by measuring the coupling- or screening attenuation of a cable, which has a higher coupling- or screening attenuation (as high as possible) than the cable under test. The cable for the determination of the measurement sensitivity shall be of the same kind (coaxial or symmetrical) as the cable under test.

The measurement set-up shall be exactly as the measurement set-up for the cable under test. The measured coupling- or screening attenuation of this cable, used for the determination of the measurement sensitivity, defines the highest coupling- or screening attenuation, which can be measured by the set-up. This is also denoted as the noise floor of the set-up.

One example for a reliable way to determine the noise floor of the test set-up is to use a plain copper tube, which contains one or more twisted pairs, with differential and common mode termination. The theoretical coupling attenuation of this device is better than 100 dB over the entire frequency range, 30 MHz to 1 000 MHz. The measured coupling attenuation thus reflects precisely the quality of the connecting workmanship and the level of the residual noise floor.

5.4.1.2 Verification of test set-up calibration

For frequencies where the available absorbers do not comply with the requirement of 10 dB insertion loss, typically below 100 MHz, a higher uncertainty may be expected.

By carefully bonding of screens at the reflector plate and termination of unused pairs the uncertainty can be minimised.

5.5 Pulling force on cable

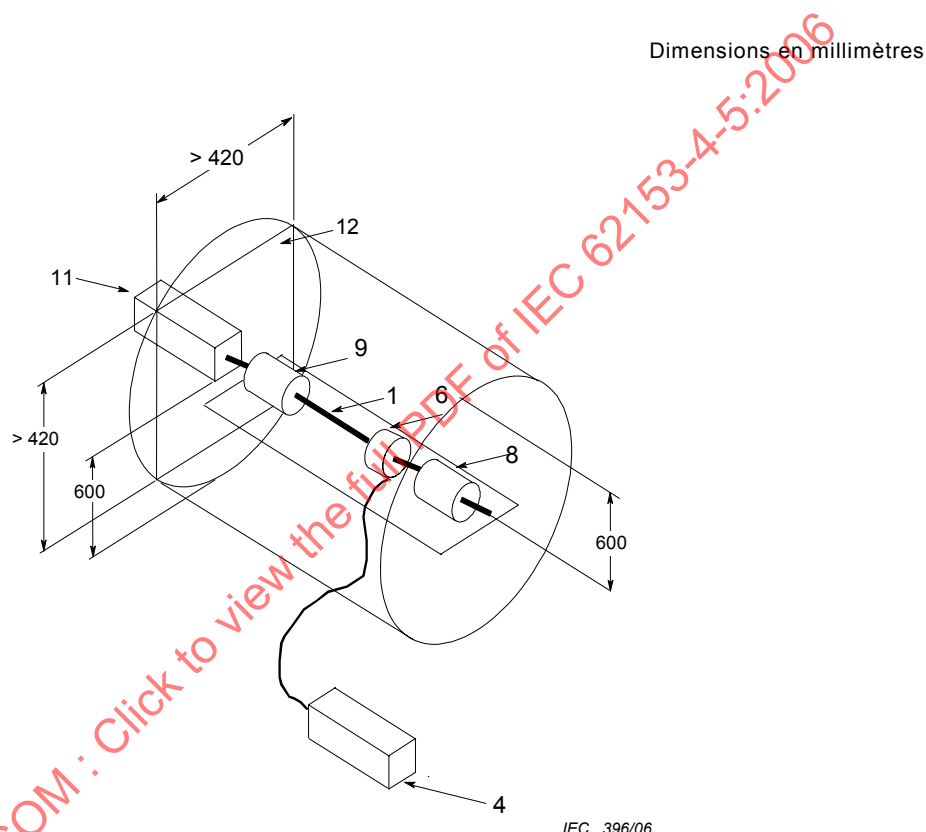
The maximum pulling force shall be 20 N.

5.6 Procédure de mesure

Un câble symétrique en essai doit être connecté au générateur via un symétriseur adapté en impédance. Un câble asymétrique (coaxial) en essai doit être connecté directement au générateur avec l'impédance du générateur et l'impédance nominale du câble égales. Sinon, un adaptateur d'impédance doit être utilisé.

Pour les câbles symétriques, toutes les paires doivent être mesurées individuellement.

Le câble en essai est placé en portée aérienne. Aucun objet métallique ou personne ne doit se trouver à moins de 600 mm du câble en essai dans n'importe quelle direction normale à l'axe du câble, voir Figure 13.



Les légendes sur la Figure sont les mêmes que pour la Figure 1.

Figure 13 – Disposition de blindage pour une mesure d'extrémité la plus éloignée

La pince absorbante est placée aussi près que possible de la plaque de réflexion pour une mesure d'extrémité la plus proche.

Pour une mesure d'extrémité la plus éloignée, la pince absorbante et l'absorbeur doivent être intervertis. Dans les deux cas, la sonde de courant de la pince absorbante doit être dirigée vers l'absorbeur.

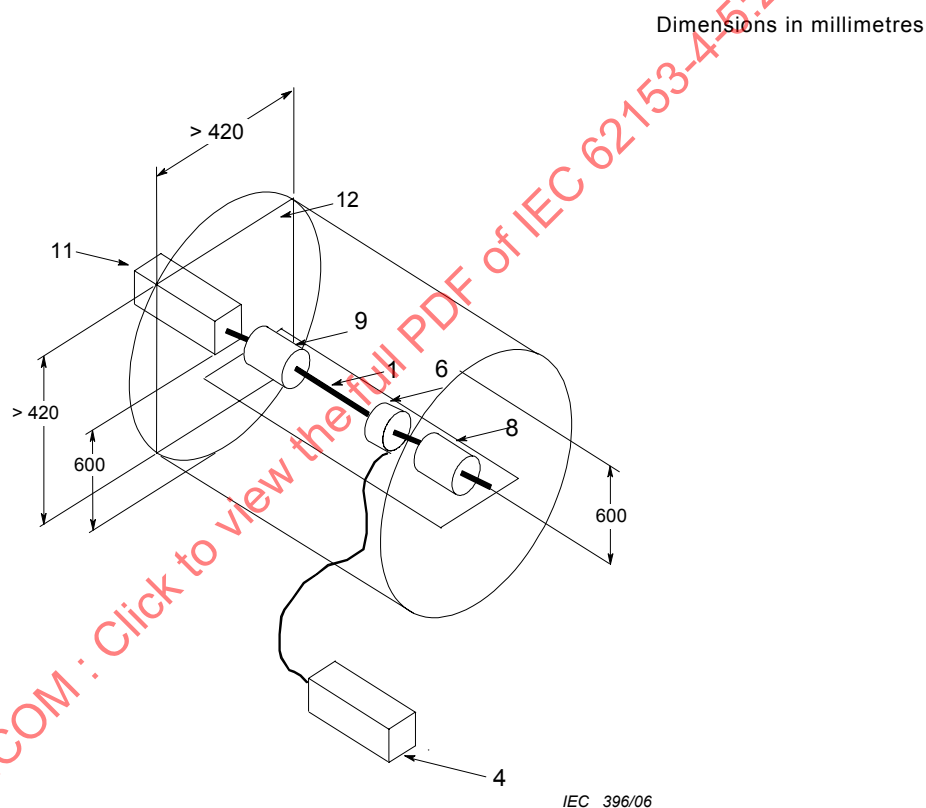
Le quotient de la puissance de la sortie de la pince absorbante et de la sortie du générateur est mesurée en balayage de fréquence linéaire sur toute la gamme de fréquences spécifiée et aux mêmes fréquences que pour la procédure d'étalonnage. La mesure doit être effectuée soit directement par un analyseur de réseau soit avec un générateur de signaux discrets et un récepteur de mesure.

5.6 Measuring procedure

A balanced (symmetrical) cable under test shall be connected to the generator via an impedance matching balun. An unbalanced (coaxial) cable under test shall be connected directly to the generator where the generator impedance and nominal cable impedance are equal. Otherwise, an impedance matching adapter shall be used.

For symmetrical cables, all pairs shall be individually measured.

The cable under test is placed in aerial span. No metallic object or person shall be closer than at least 600 mm from the cable under test in any direction that is normal to the axis of the cable, see Figure 13.



For the keys to the figure, refer to Figure 1.

Figure 13 – Shielding arrangements for a far end measurement

The absorbing clamp is placed as near as practically possible from the reflector plate for a near end measurement.

For a far end measurement, the absorbing clamp and the absorber shall be interchanged. In both cases, the current probe of the absorbing clamp shall be directed towards the absorber.

The quotient of the power of the output from the absorbing clamp and the output from the generator is measured in a linear frequency sweep over the whole specified frequency range and at the same frequency points as for the calibration procedure. The measurement shall be done either directly by a network analyser or with a discrete signal generator and measuring receiver.