

**Spécifications des méthodes et des appareils
de mesure des perturbations radioélectriques et
de l'immunité aux perturbations radioélectriques –**

Partie 1-3:

**Appareils de mesure des perturbations
radioélectriques et de l'immunité aux
perturbations radioélectriques –
Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice**

**Specification for radio disturbance
and immunity measuring apparatus
and methods –**

Part 1-3:

**Radio disturbance and immunity measuring
apparatus – Ancillary equipment –
Disturbance power**



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

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

COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
16-1-3

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

Deuxième édition
Second edition
2004-06

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**Spécifications des méthodes et des appareils
de mesure des perturbations radioélectriques et
de l'immunité aux perturbations radioélectriques –**

Partie 1-3:

**Appareils de mesure des perturbations
radioélectriques et de l'immunité aux
perturbations radioélectriques –
Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice**

**Specification for radio disturbance
and immunity measuring apparatus
and methods –**

Part 1-3:

**Radio disturbance and immunity measuring
apparatus – Ancillary equipment –
Disturbance power**

© IEC 2004 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

V

*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 abréviations	8
4 Instrumentation de mesure par pince absorbante	10
Annexe A (informative) Construction de la pince absorbante (Paragraphe 4.2)	34
Annexe B (normative) Méthodes d'étalonnage et de validation de la pince absorbante et du dispositif absorbant secondaire (Article 4)	38
Annexe C (normative) Validation du site d'essai à la pince absorbante (Article 4)	58
Figure 1 – Vue d'ensemble de la méthode de mesure par pince absorbante et procédures d'étalonnage et de validation associées	26
Figure 2 – Aperçu schématique de la méthode d'essai par pince absorbante	30
Figure 3 – Aperçu schématique des méthodes d'étalonnage de pince	32
Figure A.1 – Ensemble pince absorbante et ses éléments	34
Figure A.2 – Exemple de conception d'une pince absorbante	36
Figure B.1 – Site d'étalonnage original	50
Figure B.2 – Position du guide pour le centrage du conducteur en essai	50
Figure B.3 – Vue latérale du gabarit d'étalonnage	52
Figure B.4 – Vue de dessus du gabarit	52
Figure B.5 – Vue de la flasque verticale de gabarit	52
Figure B.6 – Montage d'essai pour la méthode d'étalonnage avec module de référence	54
Figure B.7 – Spécification du module de référence	54
Figure B.8 – Montage de mesure du facteur de découplage DF	56
Figure B.9 – Montage de mesure du facteur de découplage DR	56
Figure C.1 – Montages d'essai pour la mesure de l'atténuation de site pour la validation du site de la pince en utilisant le module de référence	62
Tableau 1 – Vue d'ensemble des caractéristiques des trois méthodes d'étalonnage de pince et leur relation	28

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and abbreviations	9
4 Absorbing clamp instrumentation	11
Annex A (informative) Construction of the absorbing clamp (Subclause 4.2)	35
Annex B (normative) Calibration and validation methods for the absorbing clamp and the secondary absorbing device (Clause 4)	39
Annex C (normative) Validation of the absorbing clamp test site (Clause 4)	59
Figure 1 – Overview of the absorbing clamp measurement method and the associated calibration and validation procedures	27
Figure 2 – Schematic overview of the absorbing clamp test method	31
Figure 3 – Schematic overview of the clamp calibration methods	33
Figure A.1 – The absorbing clamp assembly and its parts	35
Figure A.2 – Example of the construction of an absorbing clamp	37
Figure B.1 – The original calibration site	51
Figure B.2 – Position of guide for centering the lead under test	51
Figure B.3 – Side view of the calibration jig	53
Figure B.4 – Top view of the jig	53
Figure B.5 – View of the jigs vertical flange	53
Figure B.6 – Test set-up for the reference device calibration method	55
Figure B.7 – Specification of the reference device	55
Figure B.8 – Measurement set-up of the decoupling factor DF	57
Figure B.9 – Measurement set-up of the decoupling factor DR	57
Figure C.1 – Test set-ups for the site attenuation measurement for clamp site validation using the reference device	63
Table 1 – Overview of the characteristics of the three-clamp calibration methods and their relation	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS
DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET
DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –**

**Partie 1-3: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –
Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice**

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 CISPR 16-1-3 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003. Elle constitue une révision technique. Cette édition spécifie une méthode d'étalonnage plus détaillée pour la pince absorbante. De plus, de nouvelles méthodes d'étalonnage possibles sont introduites, qui sont plus praticables que celle qui était spécifiée auparavant. Des paramètres additionnels pour décrire la pince absorbante sont définis, tels le facteur de découplage pour l'absorbeur large bande «DF» et le facteur de découplage pour le transformateur de courant «DR», avec leurs méthodes de validation. Une procédure pour la validation du site d'essai à la pince absorbante (ACTS) est aussi incluse dans le document.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY
MEASURING APPARATUS AND METHODS –**

**Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus –
Ancillary equipment – Disturbance power**

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 CISPR 16-1-3 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio interference measurements and statistical methods.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. It constitutes a technical revision. In this edition a more detailed calibration method for the absorbing clamp is specified. Furthermore, new alternative calibration methods are introduced which are more practicable than the one which was specified previously. Additional parameters to describe the absorbing clamp are defined, like the decoupling factor for the broadband absorber (DF) and the decoupling factor for the current transformer (DR), along with their validation methods. A procedure for the validation of the absorbing clamp test site (ACTS) is also included in the document.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
CISPR/A/517/FDIS	CISPR/A/532/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.

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.

Le contenu du corrigendum de février 2006 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

FDIS	Report on voting
CISPR/A/517/FDIS	CISPR/A/532/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.

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.

The contents of the corrigendum of February 2006 have been included in this copy.

SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –

Partie 1-3: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme fondamentale qui spécifie les caractéristiques et l'étalonnage de la pince absorbante pour la mesure de la puissance perturbatrice radioélectrique dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 GHz.

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).

CISPR 16-1-2:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations conduites*

CISPR 16-2-2:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesure de la puissance perturbatrice*

CISPR 16-4-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

CEI 60050-161:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

Amendement 1 (1997)

Amendement 2 (1998)

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Voir la CEI 60050-161 lorsque cela s'applique.

3.2 Abréviations

ACA	Absorbing clamp assembly (ensemble pince absorbante)
ACMM	Absorbing clamp measurement method (méthode de mesure par pince absorbante)
ACRS	Absorbing clamp reference site (site de référence de la pince absorbante)
ACTS	Absorbing clamp test site (site d'essai à la pince absorbante)
CF	Clamp factor (facteur de pince)

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Disturbance power

1 Scope

This part of CISPR 16 is designated a basic standard, which specifies the characteristics and calibration of the absorbing clamp for the measurement of radio disturbance power in the frequency range 30 MHz to 1 GHz.

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.

CISPR 16-1-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*

CISPR 16-2-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity – Measurement of disturbance power*

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electro-magnetic compatibility*
Amendment 1 (1997)
Amendment 2 (1998)

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

See IEC 60050-161, where applicable.

3.2 Abbreviations

ACA	Absorbing clamp assembly
ACMM	Absorbing clamp measurement method
ACRS	Absorbing clamp reference site
ACTS	Absorbing clamp test site
CF	Clamp factor

CRP	Clamp reference point (point de référence de la pince)
DF	Decoupling factor (facteur de découplage)
DR	Facteur de découplage qui spécifie le découplage entre le transformateur de courant et l'impédance de mode commun du récepteur de mesure
JTF	Jig transfer factor (facteur de transfert du gabarit)
LUT	Lead under test (conducteur en essai)
RTF	Reference transfer factor (facteur de transfert de référence)
SAD	Secondary absorbing device (dispositif absorbant secondaire)
SAR	Semi-anechoic room (chambre semi-anéchoïque)
SRP	Slide reference point (point de référence de la glissière)

4 Instrumentation de mesure par pince absorbante

4.1 Introduction

La mesure de la puissance perturbatrice par pince absorbante est une méthode destinée à déterminer les perturbations rayonnées dans la gamme des fréquences supérieures à 30 MHz. Cette méthode de mesure constitue une alternative à la mesure du champ perturbateur sur un OATS. La méthode de mesure par pince absorbante (ACMM) est décrite à l'Article 7 de la CISPR 16-2-2.

L'ACMM utilise l'instrumentation de mesure suivante:

- l'ensemble pince absorbante;
- le dispositif absorbant secondaire;
- le site d'essai à la pince absorbante.

La Figure 1 donne une vue générale de la méthode de mesure par pince absorbante, y compris l'instrumentation nécessaire pour cette méthode ainsi que les méthodes d'étalonnage et de validation de cette instrumentation. Le présent article détaille les exigences concernant l'instrumentation nécessaire pour l'ACMM. L'Annexe B décrit en détail la méthode d'étalonnage de la pince absorbante et la validation des autres propriétés de la pince et du dispositif absorbant secondaire. Les détails concernant la validation du site d'essai à la pince absorbante sont décrits à l'Annexe C. Les pinces absorbantes sont adaptées aux mesures de perturbations de certains types d'appareils en fonction de leur conception et de leur taille. La procédure de mesure précise et son applicabilité doivent être spécifiées pour chaque catégorie d'appareil. Si les dimensions de l'appareil en essai seul (sans câbles de raccordement) approchent 1/4 de la longueur d'onde, un rayonnement peut être produit directement depuis le boîtier. La puissance perturbatrice d'un appareil dont le cordon d'alimentation est le seul câble externe peut être considérée comme la puissance que l'appareil peut fournir à ce cordon, qui se comporte comme une antenne rayonnante. Cette puissance est à peu près équivalente à celle fournie par l'appareil à un dispositif absorbant adapté placé autour du cordon à l'endroit où la puissance absorbée est maximale. Le rayonnement direct provenant de l'appareil n'est pas pris en compte. Les appareils équipés de câbles externes autres qu'un cordon d'alimentation peuvent rayonner de l'énergie perturbatrice par ces câbles, qu'ils soient blindés ou non, de la même manière que par le cordon d'alimentation. On peut également effectuer des mesures par pince absorbante sur ces câbles.

L'application de l'ACMM est spécifiée de manière plus détaillée en 7.9 de la CISPR 16-2-2.

CRP	Clamp reference point
<i>DF</i>	Decoupling factor
<i>DR</i>	Decoupling factor that specifies the decoupling of the current transformer from the common mode impedance of the measurement receiver
JTF	Jig transfer factor
LUT	Lead under test
RTF	Reference transfer factor
SAD	Secondary absorbing device
SAR	Semi-anechoic room
SRP	Slide reference point

4 Absorbing clamp instrumentation

4.1 Introduction

The measurement of disturbance power using an absorbing clamp is a method for the determination of the radiated disturbance in the frequency range above 30 MHz. This measurement method represents an alternative approach to the measurement of the disturbance field strength on an OATS. The absorbing clamp measurement method (ACMM) is described in Clause 7 of CISPR 16-2-2.

The ACMM uses the following measurement instrumentation:

- the absorbing clamp assembly;
- the secondary absorbing device;
- the absorbing clamp test site.

Figure 1 gives an overview of the absorbing clamp measurement method including the instrumentation required for this method and the calibration and validation methods for the instrumentation. The requirements for the instrumentation necessary for the ACMM are specified in this clause. Details of the absorbing clamp calibration method, and validation of other properties of the clamp and the secondary absorbing device, are described in Annex B. Details of the absorbing clamp test site validation are described in Annex C. Absorbing clamps are suitable for the measurement of disturbances from some types of equipment, depending on construction and size. The precise measuring procedure and its applicability is to be specified for each category of equipment. If the EUT itself (without connecting leads) has a dimension that approaches 1/4 of the wavelength, direct cabinet radiation may occur. The disturbance capability of an appliance having a mains lead as the only external lead may be taken as the power the appliance could supply to its mains lead, which acts as a transmitting antenna. This power is nearly equal to that supplied by the appliance to a suitable absorbing device placed around the lead at the position where the absorbed power is at a maximum. Direct radiation from the appliance is not taken into account. Equipment having external leads other than a mains lead can radiate disturbance energy from such leads, whether shielded or unshielded, in the same manner as radiation from the mains lead. Measurements using the absorbing clamp can be made on these types of lead as well.

The application of the ACMM is specified in more detail in 7.9 of CISPR 16-2-2.

4.2 Ensemble pince absorbante

4.2.1 Description de l'ensemble pince absorbante

L'Annexe A décrit la conception de la pince et donne un exemple type d'une telle conception.

L'ensemble pince absorbante se compose des cinq parties suivantes:

- un transformateur de courant RF large bande;
- un absorbeur de puissance RF large bande et un stabilisateur d'impédance pour le câble en essai;
- un manchon absorbant et un ensemble d'anneaux de ferrite destinés à réduire le courant RF circulant à la surface du câble coaxial entre le transformateur de courant et le récepteur de mesure;
- un atténuateur de 6 dB entre la sortie de la pince absorbante et le câble coaxial assurant le raccordement au récepteur de mesure;
- un câble coaxial en tant que câble récepteur.

Le point de référence de la pince (CRP) indique la position longitudinale de l'avant du transformateur de courant dans la pince. Ce point de référence est utilisé pour définir la position de la pince pendant la procédure de mesure. Le CRP doit être indiqué sur le boîtier extérieur de la pince absorbante.

4.2.2 Facteur de pince et atténuation de site

La Figure 2 donne une représentation schématique d'une mesure réelle d'un appareil en essai effectuée en utilisant l'ACMM. Des informations détaillées sur l'ACMM sont données à l'Article 7 de la CISPR 16-2-2.

La mesure de la puissance perturbatrice est basée sur la mesure du courant asymétrique généré par l'appareil en essai, mesuré à l'entrée de la pince absorbante avec une sonde de courant. Les ferrites absorbantes de la pince autour du câble en essai isolent le transformateur de courant des perturbations provenant du réseau d'alimentation. Le courant maximal est déterminé en déplaçant la pince absorbante le long du câble tendu, qui se comporte comme une ligne de transmission. La ligne de transmission réalise la transformation d'impédance entre l'entrée de la pince absorbante et la sortie de l'appareil en essai. Au point de réglage optimal, on peut mesurer le courant perturbateur maximal en sortie de la sonde de courant ou la tension perturbatrice maximale à l'entrée du récepteur.

Dans le cas présent, le facteur de pince réel CF_{act} d'une pince absorbante donne la relation entre le signal de sortie de la pince V_{rec} et la grandeur à mesurer considérée, c'est-à-dire la puissance perturbatrice P_{eut} d'un appareil en essai comme suit:

$$P_{eut} = CF_{act} + V_{rec} \quad (1)$$

où

P_{eut} est la puissance perturbatrice de l'appareil en essai EUT en dBpW;

V_{rec} est la tension mesurée en dBμV;

CF_{act} est le facteur de pince réel en dBpW/μV.

Idéalement, le niveau de puissance reçu P_{rec} en dBpW au niveau de l'entrée du récepteur peut être calculé en utilisant la formule suivante:

$$P_{rec} = V_{rec} - 10 \cdot \log(Z_i) = V_{rec} - 17 \quad (2)$$

4.2 The absorbing clamp assembly

4.2.1 Description of the absorbing clamp assembly

Annex A describes the construction of the clamp and gives a typical example of such a construction.

The absorbing clamp assembly consists of the following five parts:

- a broadband RF current transformer;
- a broadband RF power absorber and impedance stabilizer for the lead under test;
- an absorbing sleeve and assembly of ferrite rings to reduce RF current on the surface of the coaxial cable from the current transformer to the measuring receiver;
- a 6 dB attenuator between the output of the absorbing clamp and the coaxial cable connecting to the measuring receiver;
- a coaxial cable as receiver cable.

The clamp reference point (CRP) indicates the longitudinal position of the front of the current transformer within the clamp. This reference point is used to define the position of the clamp during the measurement procedure. The CRP shall be indicated on the outside housing of the absorbing clamp.

4.2.2 The clamp factor and the clamp site attenuation

An actual measurement of an EUT using the ACMM is depicted schematically in Figure 2. Details on the ACMM are given in Clause 7 of CISPR 16-2-2.

The disturbance power measurement is based on measurement of the asymmetrical current generated by the EUT, which is measured at the input of the absorbing clamp using a current probe. The absorbing ferrites of the clamp around the lead under test isolate the current transformer from disturbances on the mains. The maximum current is determined by moving the absorbing clamp along the stretched lead, which acts as a transmission line. The transmission line transforms the input impedance of the absorbing clamp to the output of the EUT. At the point of optimal adjustment, the maximum disturbance current at the current probe or the maximum disturbance voltage at the receiver input can be measured.

For this situation the actual clamp factor CF_{act} of an absorbing clamp relates the output signal of the clamp V_{rec} to the measurand of interest, i.e. the disturbance power P_{eut} of an EUT as follows:

$$P_{eut} = CF_{act} + V_{rec} \quad (1)$$

where

P_{eut} = the disturbance power of the EUT in dBpW;

V_{rec} = the measured voltage in dBμV;

CF_{act} = the actual clamp factor in dBpW/μV.

Ideally, the received power level P_{rec} in dBpW at the receiver input can be calculated using the following formula:

$$P_{rec} = V_{rec} - 10 \cdot \log(Z_i) = V_{rec} - 17 \quad (2)$$

où

$Z_i = 50 \, \Omega$, impédance d'entrée du récepteur de mesure, et

V_{rec} = niveau de tension mesuré en $\text{dB}\mu\text{V}$.

En utilisant les équations (1) et (2), il est possible de déduire une relation entre la puissance perturbatrice P_{eut} émise par l'appareil en essai et la puissance P_{rec} reçue par le récepteur comme suit:

$$P_{eut} - P_{rec} = CF_{act} + 17 \quad (3)$$

Cette relation idéale entre la puissance perturbatrice de l'appareil en essai et la puissance reçue par le récepteur de mesure est définie comme l'atténuation de site réelle de la pince A_{act} (en dB).

$$A_{act} \equiv P_{eut} - P_{rec} = CF_{act} + 17 \quad (4)$$

Cette atténuation de site réelle de la pince dépend de trois propriétés:

- les propriétés de réponse de la pince,
- les propriétés du site, et
- les propriétés de l'appareil en essai.

4.2.3 Fonctions de découplage de la pince absorbante

Alors que le transformateur de courant de la pince absorbante mesure la puissance perturbatrice, l'atténuation de découplage apportée par les ferrites autour du câble en essai établit une dissymétrie d'impédance et isole le transformateur de courant de l'extrémité éloignée du câble en essai. Cette isolation réduit l'influence perturbatrice du réseau d'alimentation et de l'impédance de l'extrémité éloignée du câble ainsi que son influence sur le courant mesuré. Cette atténuation de découplage est appelée facteur de découplage (DF).

Une deuxième fonction de découplage est nécessaire pour la pince absorbante. La deuxième fonction de découplage est le découplage entre le transformateur de courant et l'impédance asymétrique (ou de mode commun) du câble récepteur. Ce découplage est obtenu par la section absorbante constituée d'anneaux de ferrite sur le câble entre le transformateur de courant et le récepteur de mesure. Cette atténuation de découplage est appelée facteur de découplage pour le récepteur de mesure (DR).

4.2.4 Exigences pour l'ensemble pince absorbante (ACA)

Les pinces absorbantes utilisées pour les mesures de la puissance perturbatrice doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- a) Le facteur de pince réel (CF_{act}) de l'ensemble pince absorbante, tel qu'il est défini en 4.2.1, doit être déterminé conformément aux méthodes normatives décrites à l'Annexe B. L'incertitude sur le facteur de pince doit être déterminée conformément aux exigences énoncées à l'Annexe B.
- b) Le facteur de découplage (DF) de l'absorbeur RF large bande et du stabilisateur d'impédance pour le câble en essai doit être vérifié conformément à la procédure de mesure telle qu'elle est décrite à l'Annexe B. Le facteur de découplage doit être d'au moins 21 dB pour l'ensemble de la gamme de fréquences.
- c) La fonction de découplage entre le transformateur de courant et la sortie mesure (DR) de la pince absorbante doit être déterminée conformément à la procédure de mesure telle qu'elle est décrite à l'Annexe B. Le facteur de découplage du récepteur de mesure doit être d'au moins 30 dB pour l'ensemble de la gamme de fréquences. La valeur de 30 dB inclut l'atténuation de 20,5 dB provenant de la pince absorbante plus 9,5 dB provenant du réseau de couplage/découplage (CDN).

where

$Z_i = 50 \Omega$, input impedance of the measuring receiver, and

V_{rec} = measured voltage level in dB μ V.

Using Equations (1) and (2) one can derive a relation between the disturbance power P_{eut} emitted by the EUT and the power P_{rec} received by the receiver as follows:

$$P_{eut} - P_{rec} = CF_{act} + 17 \quad (3)$$

This ideal relation between the disturbance power of the EUT and the power received by the measuring receiver is defined as the actual clamp site attenuation A_{act} (in dB).

$$A_{act} \equiv P_{eut} - P_{rec} = CF_{act} + 17 \quad (4)$$

This actual clamp site attenuation depends on three properties:

- the clamp response properties,
- the site properties and
- the EUT properties.

4.2.3 Decoupling functions of the absorbing clamp

Whereas the current transformer of the absorbing clamp measures the disturbance power, the decoupling attenuation of the ferrites around the lead under test establishes an asymmetrical impedance and separates the current transformer from the far end of the lead under test. This separation reduces the disturbing influence of the connected mains and of the impedance of the far end and its influence on the measured current. This decoupling attenuation is called the decoupling factor (DF).

A second decoupling function is needed for the absorbing clamp. The second decoupling function is the decoupling of the current transformer from the asymmetrical (or common mode) impedance of the receiver cable. This decoupling is achieved by the absorbing section of ferrite rings on the cable from the current transformer to the measurement receiver. This decoupling attenuation is called the decoupling factor to the measurement receiver (DR).

4.2.4 Requirements for the absorbing clamp assembly (ACA)

Absorbing clamps used for disturbance power measurements shall meet the following requirements:

- a) The actual clamp factor (CF_{act}) of the absorbing clamp assembly, as defined in 4.2.1 shall be determined in accordance with the normative methods described in Annex B. The uncertainty of the clamp factor shall be determined in accordance with the requirements given in Annex B.
- b) The decoupling factor (DF) of the broadband RF absorber and the impedance stabilizer for the lead under test shall be verified in accordance with the measurement procedure as described in Annex B. The decoupling factor shall be at least 21 dB for the whole frequency range.
- c) The decoupling function from the current transformer to the measuring output (DR) of the absorbing clamp shall be determined in accordance with the measurement procedure as described in Annex B. The decoupling factor to the measurement receiver shall be at least 30 dB for the whole frequency range. The 30 dB contains 20,5 dB attenuation from the absorbing clamp and 9,5 dB from the coupling/decoupling network (CDN).

- d) La longueur du boîtier de la pince doit être de $600 \text{ mm} \pm 40 \text{ mm}$.
- e) Un atténuateur RF 50Ω d'une valeur minimale de 6 dB doit être inséré directement en sortie de la pince.

4.3 Méthodes d'étalonnage de l'ensemble pince absorbante et leurs relations

L'étalonnage de la pince est destiné à déterminer le facteur de pince CF dans une configuration qui s'apparente autant que possible à celle d'une mesure réelle effectuée sur un appareil en essai. Cependant, en 4.2.2, il a été observé que le facteur de pince varie en fonction de l'appareil en essai, des propriétés de la pince et des performances du site. Pour des raisons de normalisation (reproductibilité), la méthode d'étalonnage doit mettre en œuvre un site d'essai présentant des performances spécifiées et reproductibles ainsi qu'un générateur et un récepteur de signaux dont les performances sont également reproductibles. Dans ces conditions, la seule variable restant vient de la pince absorbante en considération.

Trois méthodes d'étalonnage de la pince absorbante sont développées ci-dessous, et pour chacune sont présentés leurs avantages, leurs inconvénients et leurs applications propres (voir Tableau 1). La Figure 3 donne une vue d'ensemble schématique de ces trois méthodes.

En général, chacune des méthodes d'étalonnage comprend les deux étapes suivantes.

Premièrement, pour établir une référence, on mesure directement la puissance de sortie P_{gen} du générateur RF (impédance de sortie de 50Ω) via un atténuateur de 10 dB en utilisant un récepteur (Figure 3a). Ensuite, la puissance perturbatrice du même générateur et de l'atténuateur de 10 dB est mesurée par l'intermédiaire de la pince en utilisant l'une des trois méthodes suivantes.

a) Méthode originale

La méthode d'étalonnage originale du montage de pince absorbante utilise un site de référence qui comporte un plan de référence vertical de grande taille (Figure 3b). Par définition, cette méthode donne le CF directement car il s'agit de la méthode d'étalonnage originale qui est utilisée pour la détermination des limites et qui est donc considérée comme la référence. Le conducteur en essai est raccordé à l'âme centrale du connecteur de traversée du plan de référence vertical. De l'autre côté de ce plan vertical, le connecteur de traversée est relié au générateur. Pour cette configuration d'étalonnage, P_{orig} est mesuré au cours du déplacement de la pince le long du conducteur en essai, conformément à la procédure décrite à l'Annexe B de telle manière qu'on obtienne la valeur maximale pour chaque fréquence. L'atténuation de site minimale A_{orig} et le facteur de pince absorbante CF_{orig} peuvent être déterminés en utilisant les équations suivantes:

$$A_{\text{orig}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{orig}} \quad (5)$$

et

$$CF_{\text{orig}} = A_{\text{orig}} - 17 \quad (6)$$

L'atténuation de site minimale A_{orig} se situe approximativement dans la plage 13 dB à 22 dB.

b) Méthode d'étalonnage avec gabarit

Cette méthode d'étalonnage utilise un gabarit qui peut être adapté à la longueur de la pince absorbante en étalonnage et du dispositif absorbant secondaire (SAD). Ce gabarit sert de structure de référence pour la pince absorbante (voir Figure 3c). Pour cette configuration d'étalonnage, P_{jig} est mesurée en fonction de la fréquence alors que la pince est à une position fixe à l'intérieur du gabarit. L'atténuation de site A_{jig} et le facteur de pince absorbante CF_{jig} peuvent être déterminés en utilisant les équations suivantes:

- d) The length of the clamp housing shall be 600 mm ± 40 mm.
- e) A 50 Ω RF attenuator of at least 6 dB shall be used directly at the clamp output.

4.3 The absorbing clamp assembly calibration methods and their relations

The purpose of the clamp calibration is to determine the clamp factor CF in a situation that resembles an actual measurement with an EUT as much as possible. However, in 4.2.2 it is stated that the clamp factor is a function of the EUT, the clamp properties and the site performance. For standardization (reproducibility) reasons, the calibration method shall use a test site with a specified and reproducible performance, and a signal generator and receiver with reproducible performance. Under these conditions, the only variable left is the absorbing clamp under consideration.

Three absorbing clamp calibration methods are developed below, each with their own advantages, disadvantages and applications (see Table 1). Figure 3 gives a schematic overview of the three possible methods.

In general, each of the calibration methods comprises the following two steps.

First, as a reference, the output power P_{gen} of the RF generator (with 50 Ω output impedance) is measured directly through a 10 dB attenuator using a receiver (Figure 3a). Secondly, the disturbance power of the same generator and 10 dB attenuator is measured through the clamp using one of the following three possible methods.

a) The original method

The original absorbing clamp set-up calibration method uses a reference site including a large vertical reference plane (Figure 3b). By definition this method gives the CF directly, because this is the original calibration method, which is used for the determination of the limits and therefore considered as the reference. The lead under test is connected to the centre conductor of the feed-through connector in the vertical reference plane. At the back of this vertical plane, the feed-through connector is connected to the generator. For this calibration configuration, P_{orig} is measured while the clamp is moved along the lead under test, in accordance with the procedure described in Annex B such that for each frequency the maximum value is obtained. The minimum site attenuation A_{orig} and the absorbing clamp factor CF_{orig} can be determined using the following equations:

$$A_{\text{orig}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{orig}} \quad (5)$$

and

$$CF_{\text{orig}} = A_{\text{orig}} - 17 \quad (6)$$

The minimum site attenuation A_{orig} is in the range of about 13 dB to 22 dB.

b) The jig calibration method

The jig calibration method uses a jig that can be adapted to the length of the absorbing clamp under calibration and the secondary absorbing device (SAD). This jig serves as a reference structure for the absorbing clamp (see Figure 3c). For this calibration configuration P_{jig} is measured as a function of frequency while the clamp is in a fixed position within the jig. The site attenuation A_{jig} and the absorbing clamp factor CF_{jig} can be determined using the following equations:

$$A_{\text{jig}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{jig}} \quad (7)$$

et

$$CF = A_{\text{jig}} - 17 \quad (8)$$

c) Méthode avec module de référence

La méthode avec module de référence utilise un site de référence (sans plan de référence vertical) et un module de référence alimenté par l'intermédiaire du conducteur en essai qui, dans ce but, est de structure coaxiale (voir Figure 3d).

Pour cette configuration d'étalonnage, P_{ref} est mesuré au cours du déplacement de la pince absorbante le long du conducteur en essai, conformément à la procédure décrite à l'Annexe A de manière à obtenir la valeur maximale pour chaque fréquence. L'atténuation de site minimale A_{ref} et le facteur de pince absorbante CF_{ref} peuvent être déterminés en utilisant les équations suivantes:

$$A_{\text{ref}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{ref}} \quad (9)$$

et

$$CF_{\text{ref}} = A_{\text{ref}} - 17 \quad (10)$$

L'Annexe B décrit de manière plus détaillée les trois méthodes d'étalonnage possibles pour la pince absorbante. Un aperçu de ces trois méthodes d'étalonnage de la pince est également donné à la Figure 1. La Figure 1 décrit également la relation entre la méthode de mesure à la pince et les méthodes d'étalonnage de la pince ainsi que le rôle du site de référence.

NOTE L'étalonnage s'applique à la pince, l'atténuateur et le câble. Il ne faut pas les dissocier.

Les facteurs de pince absorbante obtenus par la méthode du gabarit et la méthode avec module de référence (CF_{jig} , CF_{ref}) diffèrent par principe du facteur original de la pince absorbante CF_{orig} . Il est nécessaire d'introduire cette relation de principe entre ces différents facteurs de pince comme suit.

Le facteur de transfert de gabarit JTF est calculé en utilisant la relation

$$JTF = CF_{\text{jig}} - CF_{\text{orig}} \quad (11)$$

Le JTF en dB doit être déterminé pour chaque type de pince absorbante par le fabricant de pince. Le fabricant ou un laboratoire d'étalonnage accrédité doit déterminer le JTF en faisant la moyenne des résultats d'au moins cinq étalonnages reproductibles pour cinq dispositifs d'une série en production. De même, le facteur de transfert de référence RTF est déterminé par

$$RTF = CF_{\text{ref}} - CF_{\text{orig}} \quad (12)$$

De la même façon, le RTF en dB doit être déterminé pour chaque type de pince absorbante par le fabricant de la pince. Le fabricant ou un laboratoire d'étalonnage accrédité doit déterminer le RTF en faisant la moyenne des résultats d'au moins cinq étalonnages reproductibles pour cinq dispositifs d'une série en production.

En résumé, la méthode d'étalonnage originale fournit directement la valeur du CF_{orig} . La méthode avec gabarit et celle avec module de référence donnent respectivement le CF_{jig} et le CF_{ref} , à partir desquels on peut calculer le facteur de pince absorbante original en utilisant les équations (11) et (12).

$$A_{\text{jig}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{jig}} \quad (7)$$

and

$$CF = A_{\text{jig}} - 17 \quad (8)$$

c) The reference device method

The reference device method uses a reference site (without vertical reference plane) and a reference device that is fed through the lead under test, which is a coaxial structure for this purpose (see Figure 3d).

For this calibration configuration, P_{ref} is measured while the absorbing clamp is moved along the lead under test in accordance with the procedure described in Annex A such that for each frequency the maximum value is obtained. The minimum site attenuation A_{ref} and the absorbing clamp factor CF_{ref} can be determined using the following equations:

$$A_{\text{ref}} = P_{\text{gen}} - P_{\text{ref}} \quad (9)$$

and

$$CF_{\text{ref}} = A_{\text{ref}} - 17 \quad (10)$$

Annex B describes the three possible absorbing clamp calibration methods in more detail. A survey of the three clamp calibration methods is also given in Figure 1. Figure 1 also gives the relation of the clamp measurement method and the clamp calibration methods and the role of the reference site.

NOTE Calibration takes place on clamp, attenuator and cable. They have to be held together.

The absorbing clamp factors obtained through the jig method and the reference device method (CF_{jig} , CF_{ref}) differ systematically from the original absorbing clamp factor CF_{orig} . It is necessary to establish this systematic relation between these different clamp factors as follows.

The jig transfer factor JTF is calculated by

$$JTF = CF_{\text{jig}} - CF_{\text{orig}} \quad (11)$$

The JTF in dB is to be determined for each type of absorbing clamp by the clamp manufacturer. The manufacturer or an accredited calibration laboratory in charge shall determine the JTF by averaging the results of at least five reproduced calibrations for five devices of a production series. Similarly, the reference transfer factor RTF is determined by

$$RTF = CF_{\text{ref}} - CF_{\text{orig}} \quad (12)$$

Again, the RTF in dB is to be determined for each type of absorbing clamp by the clamp manufacturer. The manufacturer or an accredited calibration laboratory in charge shall determine the RTF by averaging the results of at least five reproduced calibrations for five devices of a production series.

In summary, the original calibration method directly gives the value of CF_{orig} . The jig and the reference device method give the CF_{jig} and the CF_{ref} respectively, from which the original absorbing clamp factor can be calculated using Equations (11) and (12).

4.4 Dispositif absorbant secondaire

En plus de la partie absorbante de la pince, il est nécessaire de recourir à un dispositif absorbant secondaire (SAD) placé directement à la suite de la pince absorbante pour réduire l'incertitude sur la mesure. La fonction de ce SAD consiste à fournir une atténuation supplémentaire à celle procurée par l'atténuation de découplage de la pince absorbante. Le SAD doit être déplacé de la même manière que la pince absorbante au cours de l'étalonnage et de la mesure. C'est pourquoi le SAD doit être équipé de roues pour permettre la mise en pratique du processus de scrutation. Les dimensions du SAD doivent être telles que le câble en essai soit à la même hauteur qu'à l'intérieur de la pince absorbante.

Le facteur de découplage du SAD doit être vérifié conformément à la procédure de mesure telle que décrite à l'Annexe B. Durant la mesure du facteur de découplage du SAD, celui-ci est solidaire de la pince absorbante.

NOTE De nouvelles technologies peuvent rendre possible l'intégration dans la pince absorbante de la fonctionnalité complémentaire du SAD. Par conséquent, si la pince absorbante elle-même satisfait à la spécification du facteur de découplage, il n'est pas nécessaire d'adjoindre un SAD.

4.5 Site d'essai à la pince absorbante (ACTS)

4.5.1 Description de l'ACTS

Le site d'essai à la pince absorbante (ACTS) est un emplacement utilisé pour la mise en œuvre de l'ACMM. L'ACTS peut être une installation intérieure ou extérieure et inclut les éléments suivants (voir Annexe C, Figure C.1):

- la table d'essai qui sert de support à l'appareil en essai;
- la glissière de pince, qui sert de support au conducteur raccordé à l'appareil en essai (ou au conducteur en essai, LUT), et à la pince absorbante;
- un support coulissant pour le câble récepteur de la pince absorbante;
- des moyens auxiliaires tels qu'une corde pour déplacer la pince absorbante.

Tous les éléments ACTS cités ci-dessus (sauf la table de l'appareil en essai) doivent être des grandeurs spécifiées dans la procédure de validation ACTS.

L'extrémité de la glissière de pince (du côté de l'appareil en essai) est désignée comme le point de référence de la glissière (SRP, voir Figure C.1). Ce SRP est utilisé pour définir la distance horizontale jusqu'au CRP de la pince.

4.5.2 Fonctions de l'ACTS

L'ACTS a les fonctions suivantes.

- a) Fonction physique: fournir des moyens de support spécifiques pour l'appareil et le câble en essai.
- b) Fonction électrique: fournir un emplacement idéal (du point de vue RF) pour l'appareil en essai et l'ensemble pince absorbante et fournir un environnement de mesure bien défini pour l'utilisation de la pince absorbante (pas de distorsion des émissions par les parois ou les éléments supports que constituent la table de l'appareil en essai, la glissière de pince, le support coulissant et la corde).

4.5.3 Exigences relatives à l'ACTS

Les exigences suivantes s'appliquent à l'ACTS.

- a) La longueur de la glissière de pince doit permettre un déplacement de la pince absorbante sur une distance de 5 m. Cela signifie que la glissière de pince doit avoir une longueur de 6 m.

4.4 The secondary absorbing device

In addition to the absorbing part of the clamp, a secondary absorbing device (SAD) directly behind the absorbing clamp shall be applied to reduce the uncertainty of the measurement. The function of this SAD is to provide an attenuation in addition to that provided by the decoupling attenuation of the absorbing clamp. The SAD shall be moved in the same way as the absorbing clamp during the calibration and measurement. Therefore the SAD needs wheels to accommodate the scanning. The SAD dimensions shall be such that the lead under test is at the same height as in the absorbing clamp.

The decoupling factor of the SAD shall be verified in accordance with the measurement procedure as described in Annex B. The decoupling factor for the SAD is measured together with the absorbing clamp.

NOTE New technologies may make it possible for the additional functionality of the SAD to be integrated in the absorbing clamp. Consequently, if the absorbing clamp itself meets the decoupling factor specification, then the SAD does not need to be applied.

4.5 The absorbing clamp test site (ACTS)

4.5.1 Description of the ACTS

The absorbing clamp test site (ACTS) is a site used for application of the ACMM. The ACTS can be either an outdoor or an indoor facility and includes the following elements (see Annex C, Figure C.1):

- the EUT table, which is a support for the EUT unit;
- the clamp slide, which is a support for the connected lead of the EUT (or lead under test, LUT) and for the absorbing clamp ;
- a gliding support for the receiver cable of the absorbing clamp;
- auxiliary means like a rope to move the absorbing clamp

All the above-mentioned ACTS elements (without EUT table) shall be measured in the ACTS validation procedure.

The near end of the clamp slide (at the side of the EUT) is denoted as the slide reference point (SRP, see Figure C.1). This SRP is used to define the horizontal distance to the CRP of the clamp.

4.5.2 The functions of the ACTS

The ACTS has the following functions.

- a) Physical function: to provide specific supporting means for the EUT and the LUT.
- b) Electrical function: to provide an ideal (for RF) site for the EUT and the clamp assembly and to provide a well-defined measurement environment for application of the absorbing clamp (no distortion of emissions by walls or by the supporting elements like the EUT table, the clamp slide, gliding support and rope).

4.5.3 Requirements for the ACTS

The following requirements apply for the ACTS:

- a) The length of the clamp slide shall ensure that the absorbing clamp can be moved over a distance of 5 m. This means that the clamp slide shall have a length of 6 m.

NOTE Pour des raisons de reproductibilité, les longueurs minimales de la glissière de pince et de la distance de scrutation avec la pince sont fixées respectivement à 6 m et 5 m. La longueur de la glissière de pince est déterminée par la somme de la longueur de scrutation (5 m), la distance entre le SRP et le CRP (0,15 m) et la longueur de la pince absorbante (0,64 m) plus un espace pour recevoir les fixations des câbles aux extrémités (0,1 m). Cela représente une longueur totale de 6 m pour la glissière de pince.

- b) La hauteur de la glissière de pince doit être de 0,8 m ± 0,05 m. Cela implique que dans la pince absorbante et dans le SAD, la hauteur du câble en essai au-dessus du plan de référence sera supérieure de quelques centimètres.
- c) Le matériau qui constitue la table de l'appareil en essai et la glissière de pince doit être non réfléchissant, non conducteur et ses propriétés diélectriques peuvent être proches de celles de l'air. De cette manière, la table de l'appareil en essai est transparente d'un point de vue électromagnétique.
- d) Le matériau de la corde utilisée pour déplacer la pince le long de la glissière doit également être transparent d'un point de vue électromagnétique.

NOTE L'influence du matériau de la table d'essai et de la glissière de pince peut s'avérer significative pour les fréquences supérieures à 300 MHz.

- e) L'adéquation du site (voir la fonction électrique de l'ACTS) est validée en comparant le facteur de pince de l'ACTS mesuré in situ ($CF_{in-situ}$) avec le facteur de pince mesuré sur le site de référence de la pince (ACRS) (CF_{orig}), en appliquant la méthode d'étalonnage originale (voir Annexe C). La différence absolue entre les deux facteurs de pince doit être conforme à l'exigence suivante.

$$\Delta_{ACTS} = |CF_{orig} - CF_{in-situ}| \quad (13)$$

doit être

<2,5 dB entre 30 MHz et 150 MHz;

2,5 dB à 2 dB entre 150 MHz et 300 MHz en décroissant;

<2 dB entre 300 MHz et 1 000 MHz.

La procédure de validation de l'emplacement est spécifiée de manière plus détaillée au paragraphe suivant.

4.5.4 Méthodes de validation pour l'ACTS

Les caractéristiques de l'ACTS sont validées comme suit.

- Les exigences physiques 4.5.3a) et 4.5.3b) peuvent être validées par inspection.
- La fonction électrique de l'ACTS (exigence de 4.5.3e) doit être validée en comparant le facteur de pince CF de la pince étalonnée avec le facteur de pince mesuré in situ $CF_{in situ}$ conformément à la «méthode d'étalonnage originale» (voir Annexe C).

Des études ont montré qu'un OATS ou un SAR validé pour les mesures des émissions rayonnées à 10 m peut être considéré comme un site idéal pour la mise en application de l'ACMM. C'est pourquoi un OATS ou un SAR pour les mesures à 10 m sera adopté comme site de référence pour la validation électrique de l'ACTS. En conséquence, si un OATS ou un SAR validé pour les mesures à 10 m est utilisé comme site d'essai à la pince, alors la fonction électrique de cet emplacement n'a plus à être validée.

La procédure de validation de la fonction électrique de l'emplacement d'essai à la pince est décrite en détail à l'Annexe C.

NOTE For reproducibility reasons, the length of the clamp slide and the scanning distance of the clamp are fixed to at least 6 m and 5 m respectively. The length of the clamp slide is determined by the sum of the scanning length (5 m), the margin between the SRP and the CRP (0,15 m) and the length of the absorbing clamp (0,64 m) plus a margin to accommodate lead fixtures at the end (0,1 m). This totals a length of 6 m for the clamp slide.

- b) The height of the clamp slide shall be 0,8 m $\pm$ 0,05 m. This implies that within the absorbing clamp and within the SAD, the height of the LUT above the reference plane will be a few centimetres larger.
- c) The material of the EUT table and of the clamp slide shall be non-reflecting, non-conducting and the dielectric properties may be close to the dielectric properties of air. In this way, the EUT table is transparent from an electromagnetic point of view.
- d) The material of the rope used to move the clamp along the clamp slide shall also be transparent from an electromagnetic point of view.

NOTE The influence of the material of the EUT table and the clamp slide may be significant for frequencies above 300 MHz.

- e) The adequacy of the site (see the electrical ACTS function) is validated by comparing the in-situ measured clamp factor of the ACTS ($CF_{in-situ}$) with the clamp factor measured on the absorbing clamp reference site (ACRS) (CF_{orig}) using the original calibration method (see Annex C). The absolute difference between both clamp factors shall comply with the following requirement:

$$\Delta_{ACTS} = |CF_{orig} - CF_{in-situ}| \quad (13)$$

shall be

<2,5 dB between 30 MHz and 150 MHz,

2,5 dB to 2 dB between 150 MHz and 300 MHz, decreasing and

<2 dB between 300 MHz and 1 000 MHz

This site validation procedure is specified in more detail in the next subclause.

4.5.4 Validation methods for the ACTS

The characteristics for the ACTS are validated as follows.

- The physical requirements 4.5.3a) and 4.5.3b) can be validated by inspection.
- The electrical function of the ACTS (requirement 4.5.3e) shall be validated by comparing the clamp factor CF of the calibrated clamp with the clamp factor $CF_{in-situ}$ measured in-situ, in accordance with the "original calibration method" (see Annex C).

Investigations have shown that a 10 m OATS or SAR validated for radiated emission measurements can be considered as an ideal site for performing the ACMM. Therefore, a validated 10 m OATS or SAR is adopted as a reference site for electrical validation of the ACTS. Consequently, if a validated 10 m OATS or SAR is used as a clamp test site, then the electrical function of this site does not need to be validated further.

The validation procedure of the electrical function of a clamp test site is described in detail in Annex C.

4.6 Procédures d'assurance qualité pour l'instrumentation de mesure par pince absorbante

4.6.1 Vue d'ensemble

Les performances de la pince absorbante tout comme celles du dispositif absorbant secondaire peuvent varier avec la durée d'utilisation, le vieillissement ou l'apparition de défauts. De même, les performances de l'ACTS peuvent varier à cause de modifications apportées à la conception ou du vieillissement.

La méthode d'étalonnage avec gabarit et la méthode d'étalonnage avec module de référence peuvent être aisément utilisées pour les procédures d'assurance qualité, sous réserve que le facteur de pince du gabarit et le facteur de pince du module de référence soient connus au départ.

4.6.2 Vérification de l'assurance qualité pour l'ACTS

Il est possible d'utiliser comme référence les données sur l'atténuation de site A_{ref} de l'ACTS, déterminées au moment de la validation du site.

Au-delà d'un certain temps et après modification du site, il est possible de répéter cette mesure d'atténuation de site et de comparer les résultats avec les données de référence.

L'avantage de cette méthode est que tous les éléments de l'ACMM sont évalués en même temps.

4.6.3 Vérification de l'assurance qualité pour la pince absorbante

Les performances des fonctions de découplage et du facteur de pince déterminées au moment de la validation de la pince, peuvent être utilisées comme données de performance de référence.

Au-delà d'un certain temps ou après une modification apportée au site, il est possible de vérifier à nouveau ces paramètres de performance en mesurant les facteurs de découplage et le facteur de pince en appliquant la méthode avec gabarit (Annexe B).

4.6.4 Critères d'acceptation/de refus en assurance qualité

Les critères d'acceptation/de refus des essais en assurance qualité sont liés à l'incertitude sur la mesure du paramètre de mesure en question. Cela signifie qu'une variation du paramètre en question sera acceptable si celle-ci est inférieure à une fois l'incertitude sur la mesure.

4.6 Quality assurance procedures for the absorbing clamp instrumentation.

4.6.1 Overview

The performance of an absorbing clamp and secondary absorbing device may change over time due to use, aging or defects. Similarly, the ACTS performance may change due to modifications in the construction or by aging.

The jig calibration method and the reference device calibration method can be used conveniently for quality assurance procedures, provided that the jig clamp factor and the reference device clamp factor are initially known.

4.6.2 Quality assurance check for the ACTS

The data of the site attenuation A_{ref} of the ACTS determined at the time the site was validated can be used as a reference.

After a certain time interval and after modification of the site, this site attenuation measurement can be repeated, and the results compared with the reference data.

The advantage of this method is that all elements of the ACMM are evaluated at once.

4.6.3 Quality assurance check for the absorbing clamp

The decoupling functions and the clamp factor performance determined at the time the clamp has been validated can be used as reference performance data.

After certain time intervals or after a change made to the site, these performance parameters can be verified again by measuring the decoupling factors and by measuring the clamp factor using the jig method (Annex B).

4.6.4 Quality assurance pass/fail criteria

The pass/fail criteria for the quality assurance tests are related to the measurement uncertainty of the measurement parameter in question. This means that a change of the parameter in question is acceptable if this change is less than one times the measurement uncertainty.

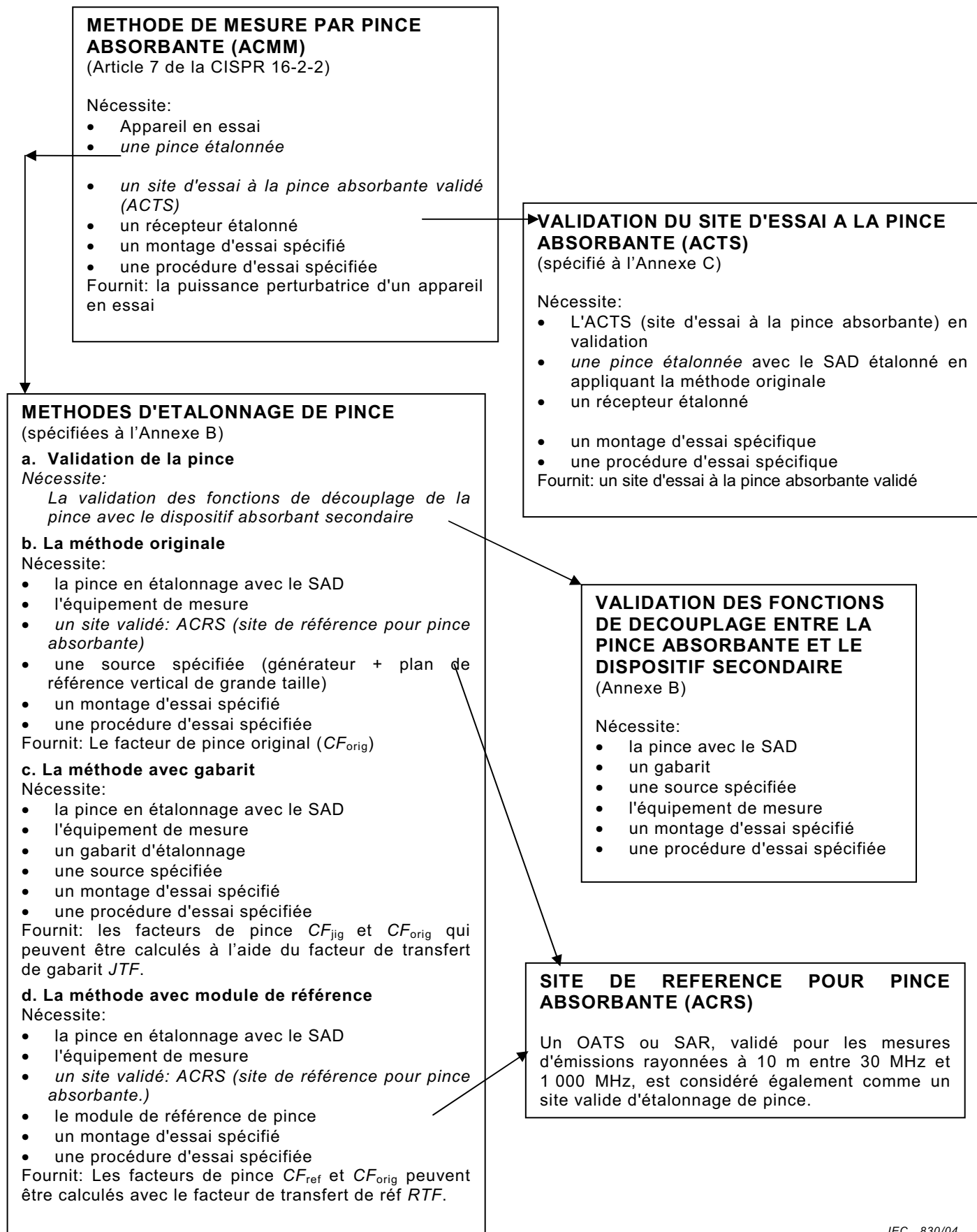


Figure 1 – Vue d'ensemble de la méthode de mesure par pince absorbante et procédures d'étalonnage et de validation associées

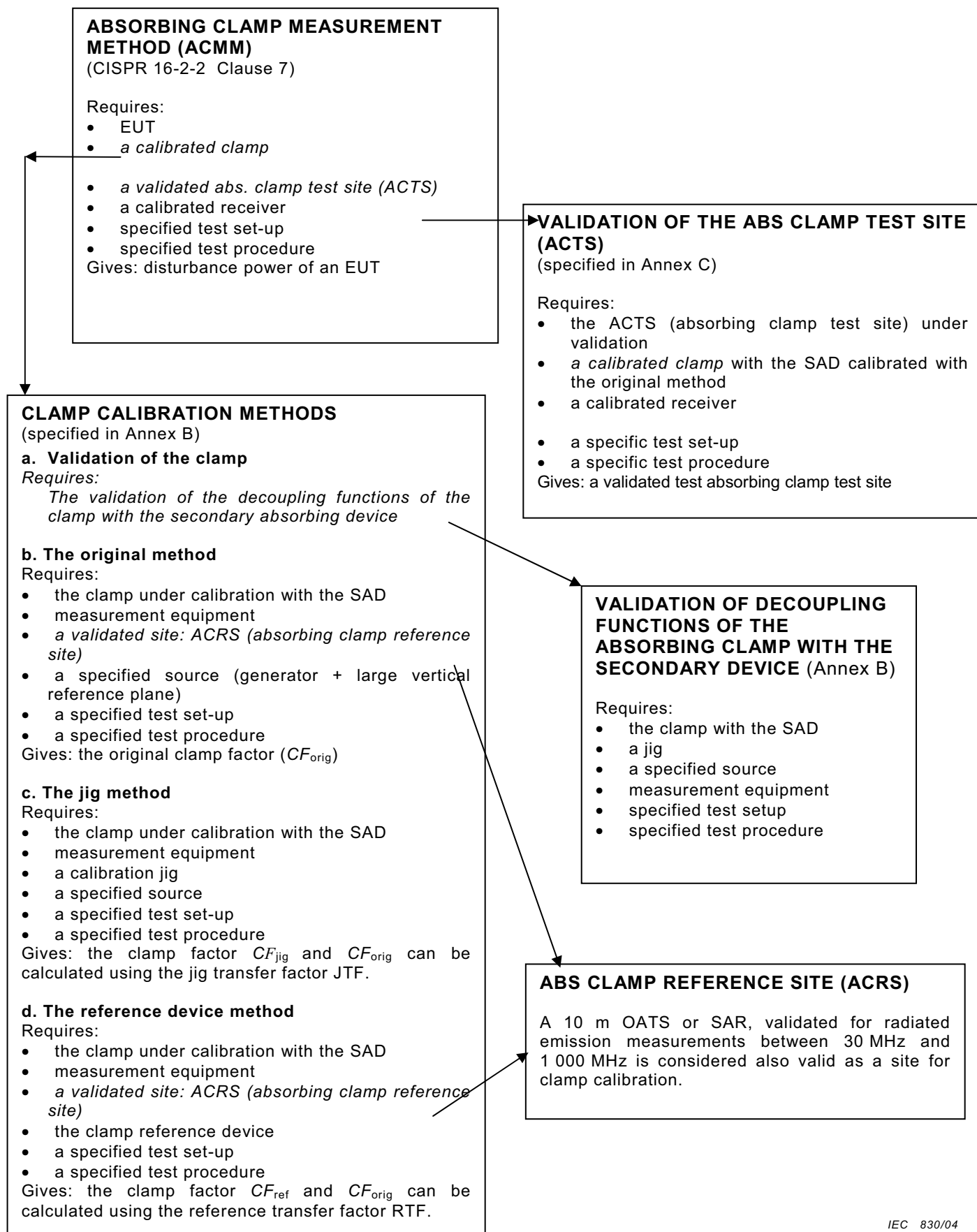


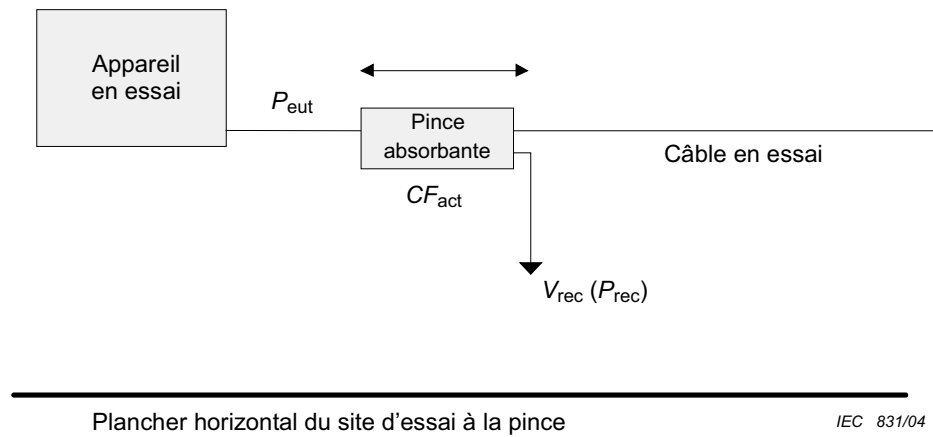
Figure 1 – Overview of the absorbing clamp measurement method and the associated calibration and validation procedures

Tableau 1 – Vue d'ensemble des caractéristiques des trois méthodes d'étalonnage de pince et leur relation

Nom de la méthode d'étalonnage	Emplacement d'essai utilisé	APPAREIL EN ESSAI utilisé	Avantages (+), inconvénients (–) et remarques (●)	Applications
Méthode originale	Un site de référence pour pince absorbante	Plan de référence vertical de grande taille et alimenté depuis l'arrière de ce plan de référence par un générateur	● Le montage d'étalonnage ressemble à une mesure réelle sur un appareil en essai de grande taille – La manipulation du plan de référence de grande taille est laborieuse – Un emplacement de référence (ACRS) est nécessaire + Par définition, cette méthode donne le <i>CF</i> directement car il s'agit de la méthode d'étalonnage originale et elle est donc considérée comme la référence	Etalonnage direct de la pince absorbante
Méthode avec gabarit	Un gabarit d'étalonnage de pince absorbante	Une des flasques verticales du gabarit et alimenté depuis l'arrière de cette flasque de gabarit par un générateur	– Le montage d'étalonnage ne ressemble pas à un essai réel + Manipulation aisée + Pas de site de référence (ACRS) nécessaire + Bonne reproductibilité – Ne donne pas directement le <i>CF</i> ; le <i>CF</i> est calculé en utilisant le JTF	Etalonnage indirect de la pince absorbante Contrôle assurance qualité de la pince
Méthode avec module de référence	Un site de référence pour pince absorbante	Petit module de référence alimenté depuis son extrémité la plus éloignée par un générateur	● Le montage d'étalonnage ressemble à une mesure réelle sur un appareil en essai de grande taille + Dispositif de référence facile à manipuler – Un emplacement de référence (ACRS) est nécessaire – Ne donne pas directement le <i>CF</i> ; le <i>CF</i> est calculé en utilisant le RTF	Etalonnage indirect de la pince absorbante Validation de l'ACTS Contrôle assurance qualité du montage complet de mesure par pince
NOTE Un ACRS est un OATS ou un SAR validé de 10 m.				

Table 1 – Overview of the characteristics of the three-clamp calibration methods and their relation

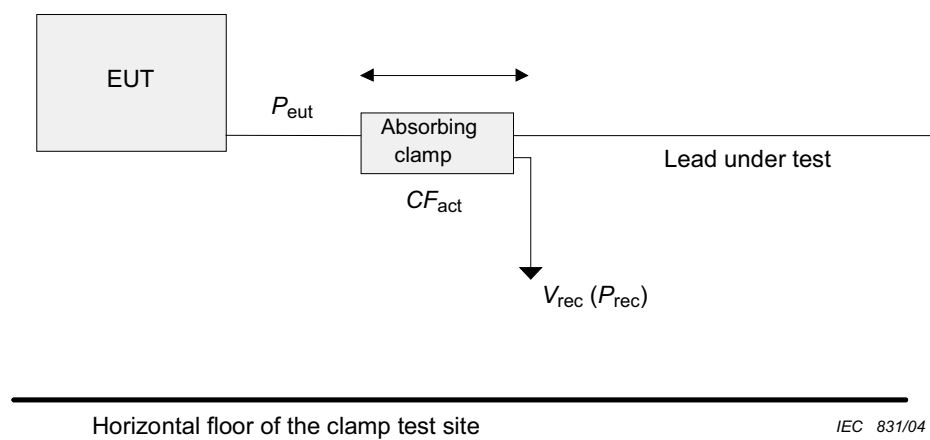
Name of the calibration method	Test Site used	EUT used	Advantages (+), disadvantages (-) and remarks (●)	Applications
The original method	An absorbing clamp reference site	Large vertical reference plane and fed behind this reference plane by a generator	● Calibration set-up resembles an actual measurement with a large EUT – Handling of the large vertical reference plane is laborious – A reference site (ACRS) required + By definition this method gives the <i>CF</i> directly because this method is the original calibration method and therefore considered as the reference	Direct calibration of the absorbing clamp
The jig method	An absorbing clamp calibration jig	One of the vertical flanges of the jig and fed behind this jig flange by a generator	– Calibration set-up does not resemble an actual test + Convenient handling + No reference site (ACRS) required + Good reproducibility – Does not give the <i>CF</i> directly; <i>CF</i> is calculated using the JTF	Indirect calibration of the absorbing clamp Quality assurance check of the clamp
The reference device method	An absorbing clamp reference site	Small reference device fed from the far end by a generator	● Calibration set-up resembles an actual measurement with a large EUT + Reference device easy to handle – A reference site (ACRS) required – Does not give the <i>CF</i> directly; <i>CF</i> is calculated using the RTF	Indirect calibration of the absorbing clamp Validation of the ACTS Quality assurance check of the overall clamp measurement set-up
NOTE An ACRS is a validated 10 m OATS or SAR facility.				



Légende

- P_{eut} Puissance perturbatrice de l'appareil en essai EUT en dBpW
- V_{rec} Tension mesurée en dB μ V
- CF_{act} Facteur de pince réel en dBpW/ μ V
- P_{rec} Niveau de puissance reçu en dBpW

Figure 2 – Aperçu schématique de la méthode d'essai par pince absorbante

**Key**

P_{eut} the disturbance power of the EUT in dBpW;

V_{rec} the measured voltage in dBμV;

CF_{act} the actual clamp factor in dBpW/μV;

P_{rec} the received power level in dBpW.

Figure 2 – Schematic overview of the absorbing clamp test method

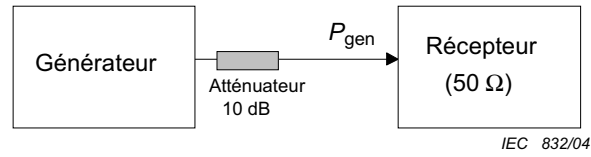


Figure 3a

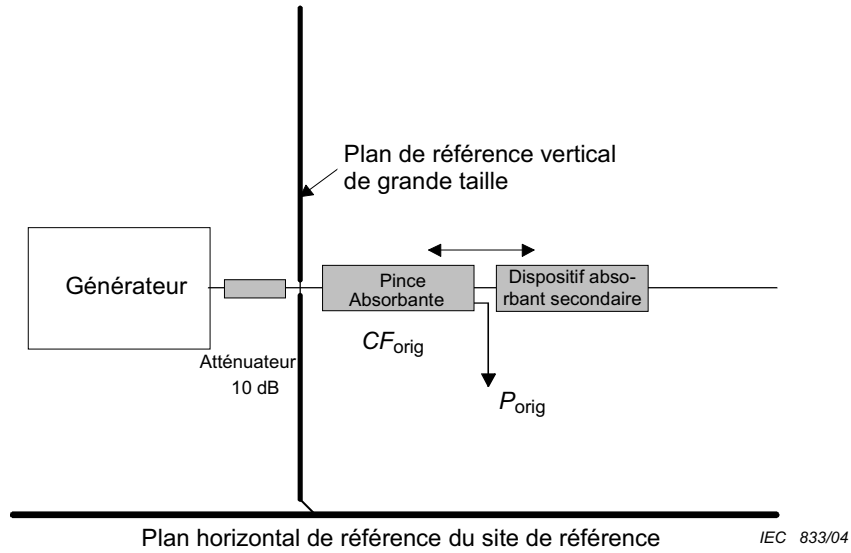


Figure 3b

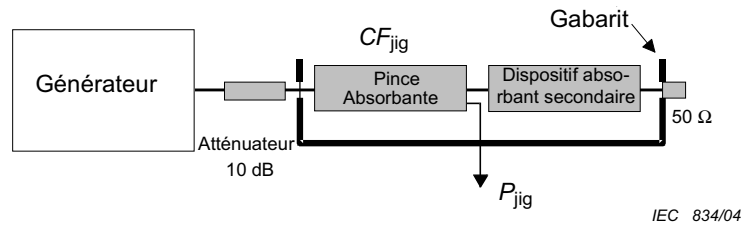


Figure 3c

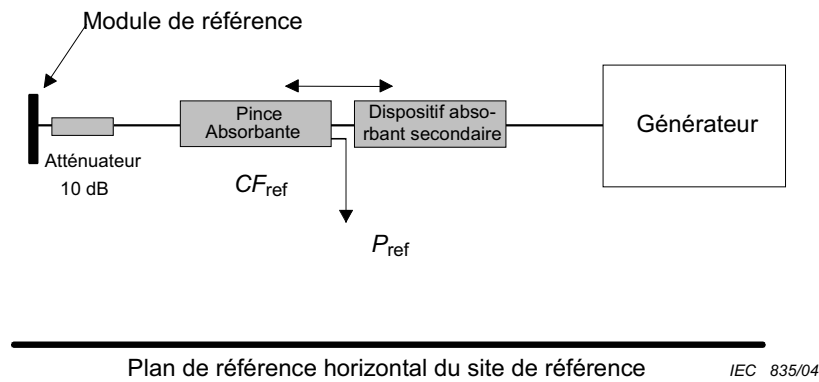


Figure 3d

Légende

CF_{orig} , CF_{jig} , CF_{ref} Facteurs de pince absorbante

P_{orig} , P_{ref} , P_{jig} Mesure de P , selon la méthode de validation utilisée

P_{gen} Puissance de sortie du générateur et atténuateur 10 dB

NOTE Les Figures 3b), 3c) et 3d) correspondent respectivement aux trois méthodes du Tableau 1.

Figure 3 – Aperçu schématique des méthodes d'étalonnage de pince

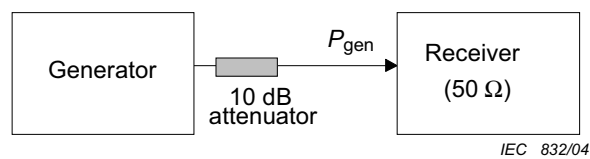


Figure 3a

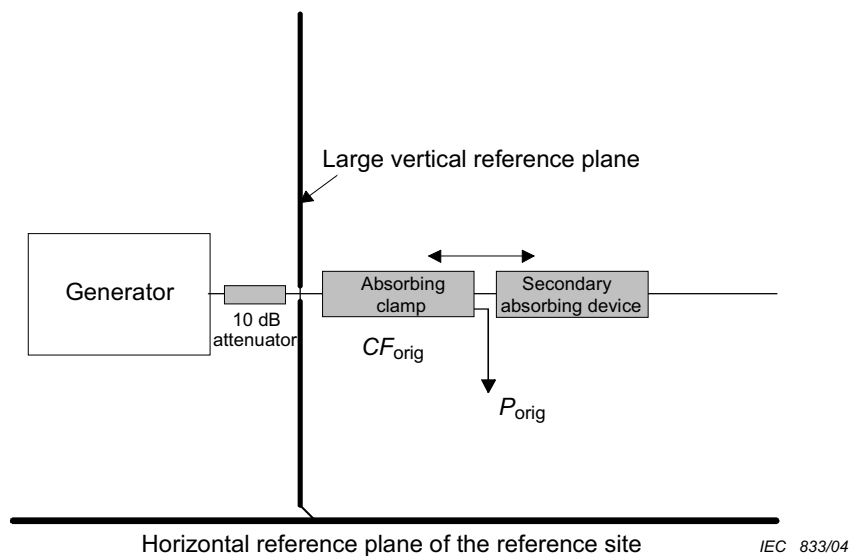


Figure 3b

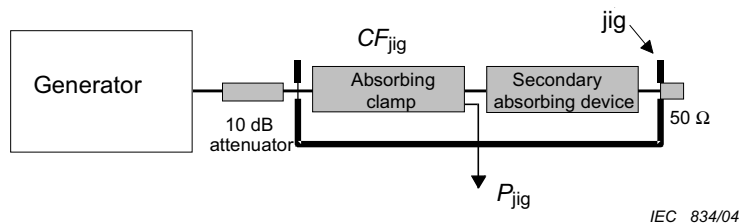


Figure 3c

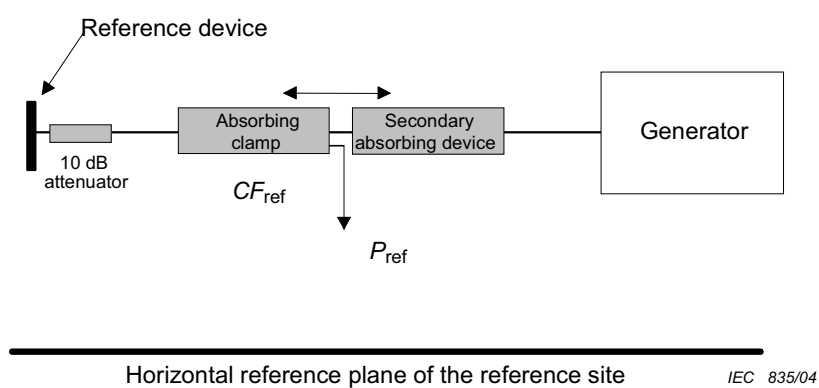


Figure 3d

Key

 CF_{orig} , CF_{jig} , CF_{ref} Absorbing clamp factors P_{orig} , P_{ref} , P_{jig} Measurement of P depending on validation method used P_{gen} Output power of the generator and 10 dB attenuator

NOTE Figures 3b., 3c., and 3d correspond respectively to the three methods of Table 1.

Figure 3 – Schematic overview of the clamp calibration methods

Annexe A (informative)

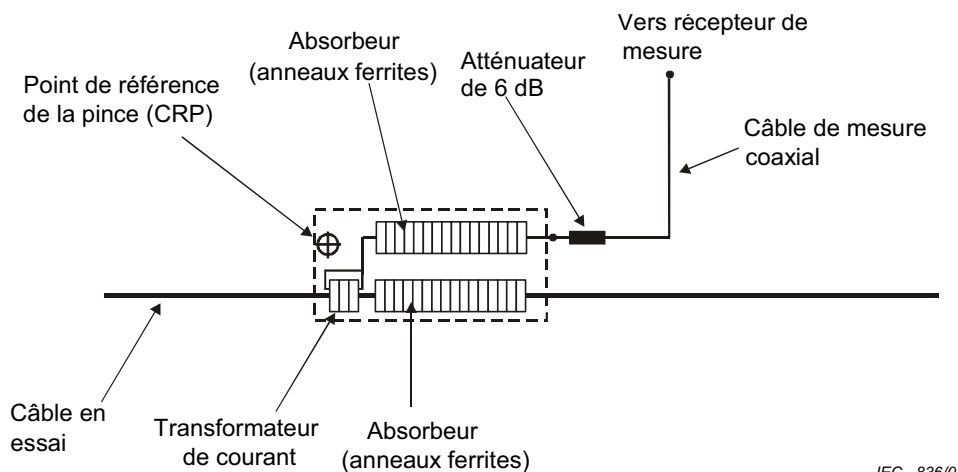
Construction de la pince absorbante (Paragraphe 4.2)

A.1 Exemples de construction de pince absorbante

Les Figures A.1 et A.2 donnent l'ensemble de base de la pince absorbante. Les trois parties principales de la pince absorbante décrite en 4.2 sont le transformateur de courant C, l'absorbeur de puissance et stabilisateur d'impédance D et le manchon absorbant E. D est composé de plusieurs anneaux de ferrite et E est composé d'anneaux ou de tubes de ferrite. Le noyau du transformateur C comporte deux ou trois anneaux du type utilisé pour D. L'enroulement secondaire du transformateur de courant est composé d'un tour de câble coaxial miniature encerclant les anneaux et raccordé comme indiqué. Le câble passe par le manchon E et est connecté à la borne coaxiale sur la pince (possible par l'atténuateur 6 dB). C et D sont montés l'un près de l'autre et alignés sur le même axe, de manière à permettre le mouvement le long du câble B à mesurer. Le manchon E est en général monté le long de l'absorbeur D pour des raisons pratiques. D et E servent tous les deux à atténuer les courants asymétriques sur les câbles les traversant.

L'exemple de la Figure A.2 donne également quelques éléments d'améliorations apportées aux performances de la pince absorbante. Un cylindre de métal (1) est monté à l'intérieur du noyau du transformateur C comme blindage capacitif. Ce cylindre est séparé en deux moitiés. Un tube isolant (2) est utilisé pour centrer le câble à l'intérieur du transformateur. Ce tube va de l'extrémité d'entrée du transformateur au premier anneau de l'absorbeur D et il est utilisé pendant l'étalonnage de la pince et pour les câbles de petit diamètre.

La pince absorbante peut être réalisée pour couvrir la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz; il suffit pour cela d'utiliser des anneaux de ferrite appropriés.



NOTE L'atténuateur de 6 dB et le câble de mesure font partie intégrante de l'ensemble pince absorbante.

Figure A.1 – Ensemble pince absorbante et ses éléments

Annex A (informative)

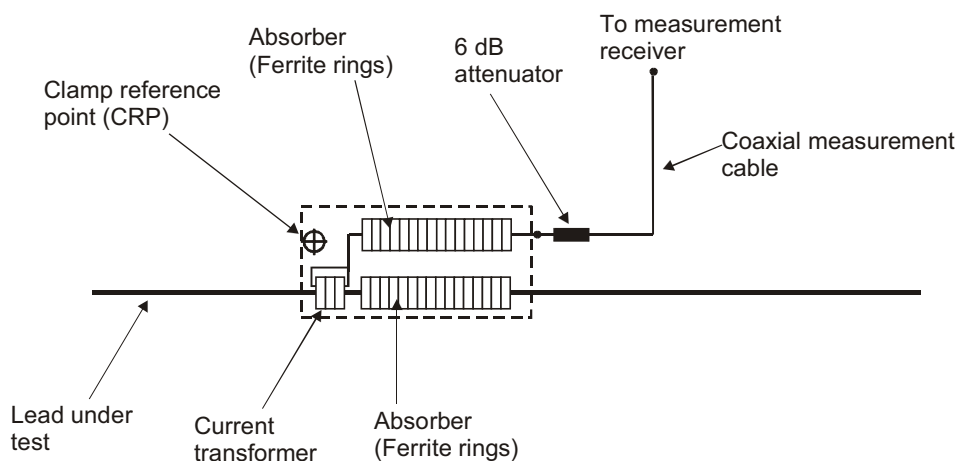
Construction of the absorbing clamp (Subclause 4.2)

A.1 Examples of absorbing clamp construction

Figures A.1 and A.2 describe the basic assembly of the clamp. The three main parts of the absorbing clamp described in 4.2 are the current transformer C, the power absorber and impedance stabilizer D, and the absorbing sleeve E. D consists of a number of ferrite rings and E consists of ferrite rings or tubes. The core of the transformer C has two or three rings of the type used in D. The secondary winding of the current transformer consists of a turn of a miniature coaxial cable encircling the rings and connected as shown. The cable is passed through the sleeve E to a coaxial terminal on the clamp (possibly via the 6 dB attenuator). C and D are mounted close together and aligned on the same axis to permit movement along the lead under test B. Sleeve E is usually mounted alongside absorber D for practical reasons. Both D and E serve to attenuate asymmetric currents on the leads through them.

The example in Figure A.2 shows also some features of improvements to the absorbing clamp performance. A metal cylinder (1) is mounted inside the core of the transformer C to act as a capacitive shield. This cylinder is split into two halves. An insulating tube (2) is used to centralize the lead within the transformer. This tube extends from the input end of the transformer to the first ring of the absorber D, and is for use during clamp calibration and for small diameter leads.

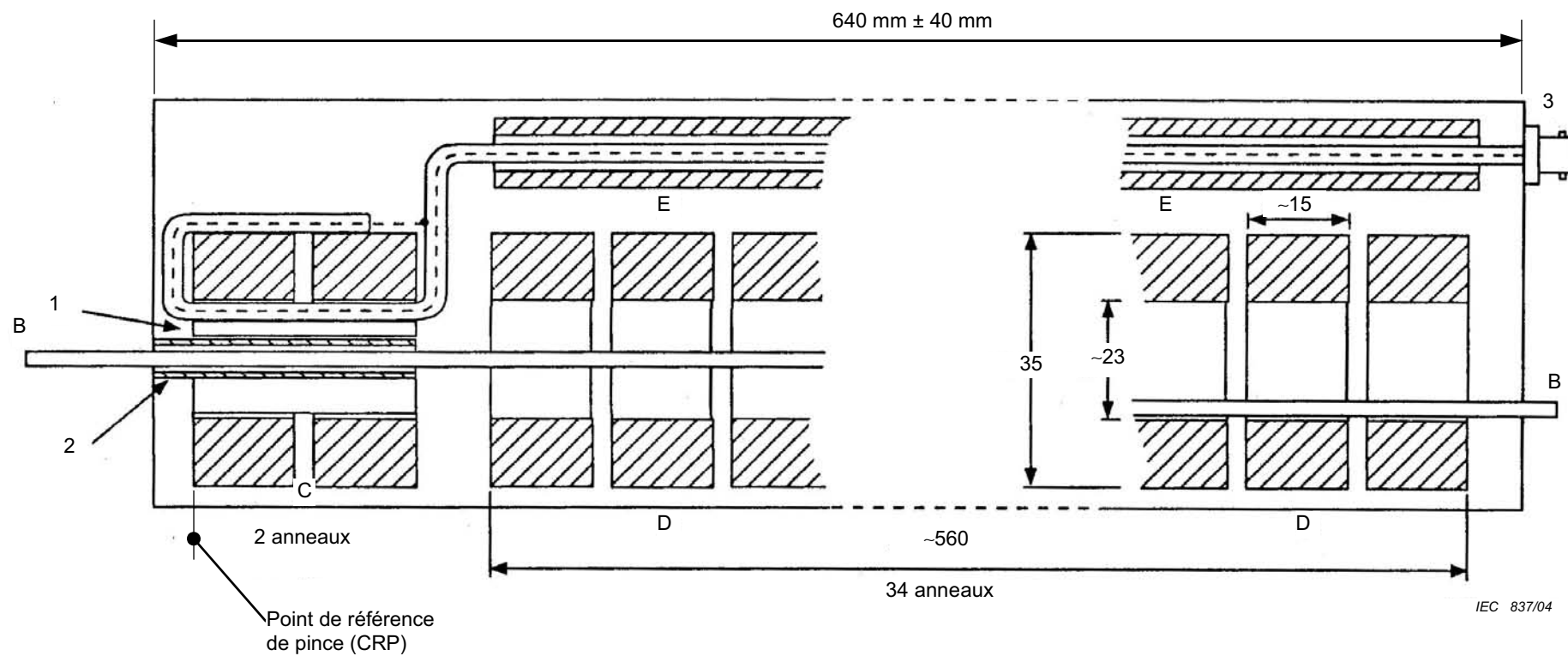
The absorbing clamp may be constructed to cover the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz using suitable ferrite rings.



IEC 836/04

NOTE The 6 dB attenuator and measurement cable are integral part of the clamp assembly.

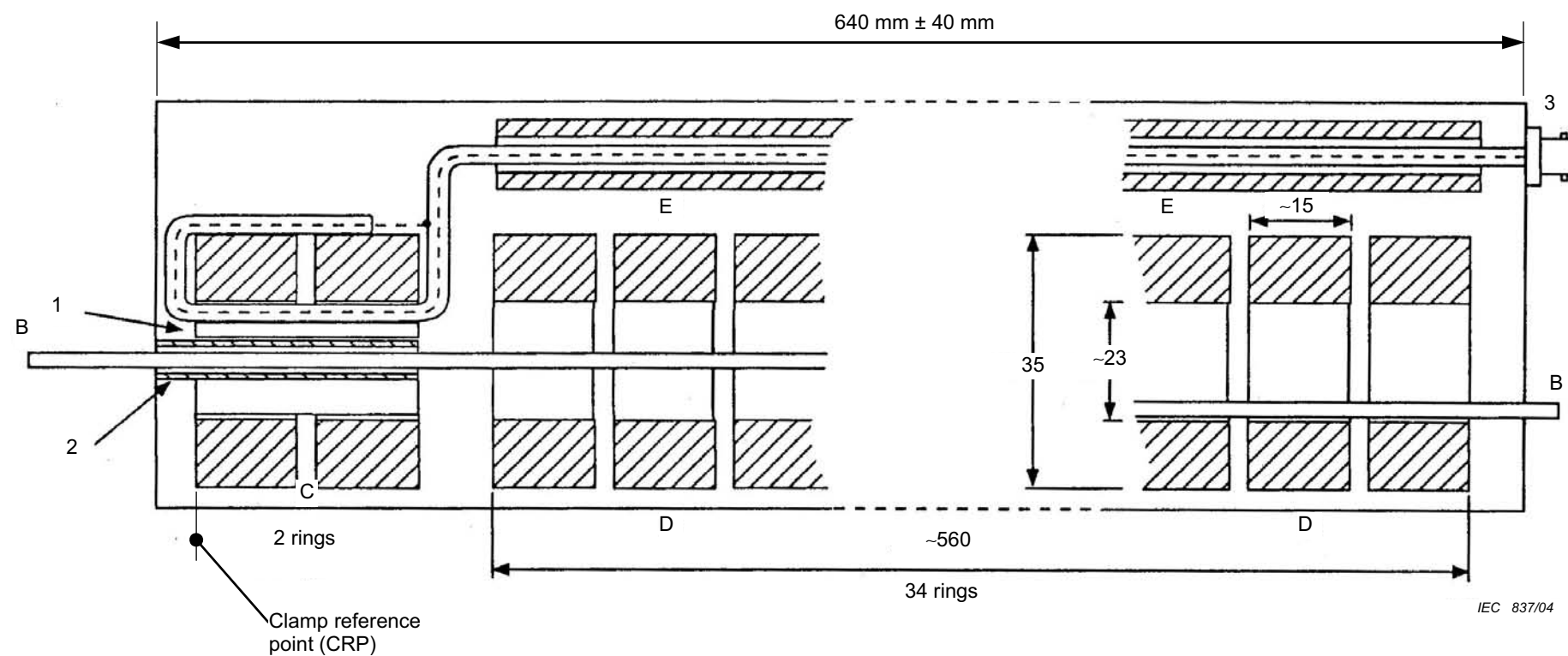
Figure A.1 – The absorbing clamp assembly and its parts



Légende

- B Câble en essai
- C Transformateur de courant
- D Section absorbante
- E Section absorbante sur le câble depuis le transformateur
- 1 Cylindre métallique en deux parties
- 2 Tube de centrage pour le câble B
- 3 Connecteur coaxial (pour l'atténuateur de 6 dB)

Figure A.2 – Exemple de conception d'une pince absorbante



Key

- B lead under test
- C current transformer
- D absorbing section
- E absorbing section on cable from transformer
- 1 metal cylinder - two halves
- 2 centralizing tube for lead B
- 3 coaxial connector (for the 6 dB attenuator)

Figure A.2 – Example of the construction of an absorbing clamp

Annexe B (normative)

Méthodes d'étalonnage et de validation de la pince absorbante et du dispositif absorbant secondaire (Article 4)

B.1 Introduction

La présente annexe donne des informations détaillées concernant les différentes méthodes d'étalonnage et de validation pour l'ensemble pince absorbante et pour le dispositif absorbant secondaire.

Les méthodes pour réaliser l'étalonnage du facteur de pince de la pince absorbante (voir aussi 4.3) sont décrites à l'Article B.2.

Les méthodes pour valider les fonctions de découplage DF et DR sont décrites à l'Article B.3.

B.2 Méthodes d'étalonnage de l'ensemble pince absorbante

Les trois méthodes permettent de déterminer le facteur de pince (CF) de l'ensemble pince absorbante, incluant l'atténuateur d'au moins 6 dB et le câble récepteur. Dans la mesure où le découplage de la pince n'est pas parfait, la pince interagit avec le câble. Le type et la longueur du câble peuvent ainsi influencer l'incertitude résultante. Pour cette raison, l'étalonnage doit être réalisé en y intégrant le câble récepteur.

B.2.1 Méthode d'étalonnage originale

B.2.1.1 Montage et instrumentation d'étalonnage

La Figure B.1 décrit le montage d'étalonnage. Il faut que le montage d'étalonnage soit situé sur un ACRS pour éviter d'influencer son environnement immédiat. Si l'ACRS n'a pas de plan de sol métallique, un plan de sol horizontal, typiquement de 6 m × 2 m, est nécessaire.

Un OATS ou un SAR conçu pour réaliser des mesures à une distance de 10 m et conforme aux exigences CISPR NSA, constitue un ACRS valide pour cette procédure d'étalonnage.

Le montage d'étalonnage comprend les composants suivants:

- une glissière de pince construite dans un matériau non réfléchissant d'environ 6 m de long pour assurer le maintien du conducteur en essai à une hauteur de $0,8 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ au-dessus du sol. Cela implique que dans la pince absorbante et dans le SAD, la hauteur du câble en essai au-dessus du plan de référence sera supérieure de quelques centimètres;
- un plan de masse vertical d'une taille supérieure à $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$, raccordé au plan de sol métallique et pourvu d'une traversée de panneau de type N implanté sur son axe de symétrie vertical à une hauteur de 0,87 m. Ce plan de masse vertical est positionné près de l'extrémité de la glissière de pince qui est appelé point de référence du site d'essai à la pince absorbante (SRP);
- un conducteur isolé pour les essais de mise au point, d'une longueur de $7,0 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ et d'un diamètre de 4 mm sans compter l'isolant, dont l'une des extrémités est raccordée (par exemple soudée) à la traversée de panneau. L'autre extrémité du conducteur est raccordée à la phase et au neutre d'un CDN de type M (voir Figure C.2 de la

Annex B (normative)

Calibration and validation methods for the absorbing clamp and the secondary absorbing device (Clause 4)

B.1 Introduction

This annex gives details on the various calibration and validation methods for the absorbing clamp assembly and for the secondary absorbing device.

The methods for the calibration of the clamp factor of the absorbing clamp (see also 4.3) are given in B.2.

The methods for validation of the decoupling functions *DF* and *DR* are given in Article B.3.

B.2 Calibration methods of the absorbing clamp assembly

For all three methods, the clamp factor (*CF*) of the absorbing clamp assembly including the attenuator of at least 6 dB and the receiver cable is determined. Since the decoupling of the clamp is not perfect, the clamp interacts with the cable. The type and length of the cable may thus influence the resultant uncertainty. Therefore the calibration shall be done including the receiver cable.

B.2.1 The original calibration method

B.2.1.1 Calibration set-up and equipment

Figure B.1 shows the calibration set-up. The calibration set-up must be located on an ACRS to avoid influencing its immediate surroundings. If the ACRS does not have a metallic ground plane, a horizontal ground plane of typically 6 m × 2 m is required.

An ACRS that is valid for this calibration procedure is an OATS or a SAR for a 10 m measurement distance that complies with the CISPR NSA requirements.

The calibration set-up is comprised of the following components:

- a clamp slide constructed of non-reflective material about 6 m long, to ensure that the lead under test is at a height of $0,8 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ above the ground. This implies that within the absorbing clamp and within the SAD, the height of the LUT above the reference plane will be a few centimetres larger;
- a vertical ground plane larger than $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$, connected to the metallic ground plane and with a type N jack mounted in its vertical symmetrical axis at a height of 0,87 m. This vertical ground plane is positioned close to the front of the clamp slide, which is called the absorbing clamp test site reference point (SRP);
- an insulated lead for test purposes, with a length of $7,0 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ and made of lead with 4 mm diameter not counting the insulation, with one end of the lead connected (e.g. soldered) to the mounting jack. The other end of the lead is connected to the line and neutral of a type M CDN (see CISPR 16-1-2 Figure C.2), which is connected to the metallic (horizontal) ground plane; the measurement output of the CDN is terminated with

CISPR 16-1-2), qui est lui-même raccordé au plan de sol métallique (horizontal) ; la sortie mesure du CDN est terminée par 50 Ω (**pour des raisons de sécurité, le CDN n'est pas raccordé au réseau d'alimentation!**). Ce CDN permet de satisfaire aux conditions de maintien d'une impédance asymétrique stable à l'extrémité la plus éloignée du câble en essai sur une plage de fréquences allant jusqu'à 40 MHz à 50 MHz

- un système à pince non métallique approprié à l'autre extrémité de la glissière de pince pour tendre légèrement le conducteur en essai;
- un dispositif absorbant secondaire (SAD) positionné sur la glissière de pince à 50 mm de la pince en étalonnage. Le dispositif absorbant secondaire peut être une pince en ferrite (coulissante) avec une fonction de découplage DF supérieure ou égale à celle définie à l'Article 4;
- un dispositif amortisseur en matériau électromagnétiquement neutre près du plan de masse vertical, pour s'assurer que l'espacement entre le plan de masse vertical et le CRP n'est jamais inférieur à 150 mm.

On utilise un récepteur ou un analyseur de réseaux pour mesurer le niveau de sortie du générateur et le niveau de sortie de la pince. Les niveaux de signal mesurés doivent être supérieurs de 40 dB aux signaux ambiants mesurés à la sortie de la pince absorbante lorsque le générateur est hors tension. La non-linéarité du système de mesure doit être inférieure à 0,1 dB.

Pour la mesure de référence, la sortie du générateur de poursuite du récepteur ou de l'analyseur de réseaux (NA) est reliée à l'entrée du NA via le câble coaxial et un atténuateur de 10 dB.

B.2.1.2 Procédure d'étalonnage

Un guide non métallique pour le conducteur en essai est monté sur l'extérieur de la pince absorbante en essai de manière à ce que le câble passe par le centre du transformateur de courant (Figure B.2).

Les deux pinces – la pince en essai et la pince absorbante secondaire (SAD) – sont positionnées sur la glissière de pince comme représenté à la Figure B.1. La pince en essai est installée en plaçant le côté transformateur de courant en direction du plan de masse vertical. Le bord avant du transformateur de courant constitue le point de référence de la pince (CRP) et doit être indiqué par le fabricant. La pince est positionnée en respectant une distance de 150 mm entre le CRP et le plan de masse vertical. On fait passer le conducteur en essai à travers les deux pinces et il convient de le tendre légèrement en utilisant un dispositif de serrage non métallique approprié à l'extrémité de la glissière de pince. Il ne faut pas que le conducteur en essai touche le plan de sol métallique avant son point de raccordement au CDN.

La sortie du NA est reliée au connecteur de traversée de panneau via un câble coaxial et un atténuateur de 10 dB. Le câble récepteur de la pince absorbante est raccordé à l'entrée du NA.

L'atténuation de site est mesurée jusqu'à 60 MHz au moins par pas de 1 MHz, jusqu'à 120 MHz par pas de 2 MHz, jusqu'à 300 MHz par pas de 5 MHz et au-delà de 300 MHz par pas de 10 MHz.

L'atténuation de site minimale est mesurée tandis que les deux pinces (pince absorbante plus SAD) sont déplacées simultanément à une vitesse adaptée le long de la glissière de pince. Les pinces peuvent être tirées au moyen d'une corde non métallique. Il faut que la vitesse à laquelle les pinces sont déplacées permette de mesurer l'atténuation de site à chaque fréquence et à des intervalles inférieurs à 10 mm.

Le facteur de pince CF_{orig} de l'ensemble pince absorbante est calculé à partir de l'atténuation de site de mesure à la pince en utilisant l'équation (5) de 4.3.

50 Ω (**for safety reasons the CDN is not connected to the mains!**). This CDN provides in the frequency range up to 40 MHz to 50 MHz a required stable asymmetrical impedance at the far end of the lead under test;

- an appropriate non-metallic clamping device at the other end of the clamp slide, to slightly stretch the lead under test;
- a secondary absorbing device (SAD) positioned on the clamp slide 50 mm from the clamp under calibration. The secondary absorbing device may be a (gliding) ferrite clamp with a decoupling function DF larger than or equal to that defined in Clause 4;
- a buffer of electromagnetically-transparent material near the vertical ground plane to ensure that the CRP is never less than 150 mm from the vertical ground plane.

A receiver or a network analyzer is used to measure the generator output and clamp output. The measured signal levels shall be 40 dB higher than the ambient signals measured at the output of the absorbing clamp when the generator is switched off. The non-linearity of the measurement system shall be less than 0,1 dB.

As reference measurement, the tracking generator output of the receiver or network analyser (NA) is connected via the coaxial cable through a 10 dB attenuator to the input of the NA.

B.2.1.2 Calibration procedure

A non-metallic guide for the lead under test is mounted on the outside of the absorbing clamp under test so that the lead passes through the centre of the current transformer (Figure B.2).

Both clamps – the clamp under test and the second absorbing clamp (SAD) – are positioned on the clamp slide as shown in Figure B.1. The current transformer of the clamp under test is placed with its side towards the vertical ground plane. The front edge of the current transformer is the clamp reference point (CRP) and shall be marked by the manufacturer. The clamp is positioned with a distance of 150 mm between the CRP and the vertical ground plane. The lead under test is passed through both clamps and should be stretched slightly using an appropriate non-metallic clamping device at the end of the clamp slide. The lead under test must not touch the metallic groundplane before it is connected to the CDN.

The output of the NA is connected to the mounting jack via a coaxial cable and a 10 dB attenuator. The receiver cable of the absorbing clamp is connected to the input of the NA.

The site attenuation is measured at least up to 60 MHz in 1 MHz steps, up to 120 MHz in 2 MHz steps, up to 300 MHz in 5 MHz steps, and above 300 MHz in 10 MHz steps.

The minimum site attenuation is measured while the two clamps (absorbing clamp plus SAD) are moved together at a suitable speed along the clamp slide. The clamps may be pulled by means of a non-metallic rope. The speed at which the clamps are moved must allow the site attenuation to be measured at each frequency at intervals of less than 10 mm.

The clamp factor CF_{orig} of the absorbing clamp assembly is calculated from the clamp site attenuation using Equation (5) of 4.3.

B.2.2 Méthode d'étalonnage avec gabarit

B.2.2.1 Spécification du gabarit d'étalonnage de la pince absorbante

Comme cela est décrit à l'Article 4, le gabarit d'étalonnage de la pince absorbante peut être utilisé pour l'étalonnage de la pince absorbante. Le gabarit est utilisé pour la mesure de la perte d'insertion de la pince absorbante associée au SAD dans un système de mesure en 50 Ω. Noter que l'impédance caractéristique du gabarit à vide n'est pas de 50 Ω. La mesure dans un gabarit permet de mesurer cette perte d'insertion en s'isolant de l'environnement. Les spécifications de dimensions du gabarit et la disposition des pinces sont données aux Figures B.3 à B.5.

B.2.2.2 Procédure d'étalonnage

Un guide non métallique pour le conducteur en essai est monté à l'avant de la pince absorbante en essai de manière à ce que le conducteur passe par le centre de la sonde de courant (Figure B.2). La pince absorbante est ensuite positionnée dans le gabarit, le point de référence (CRP) de la pince absorbante étant situé à 30 mm de la flasque verticale comme représenté aux Figures B.3 et B.4. La même distance de 30 mm est utilisée entre l'extrémité du SAD et l'autre flasque verticale. Le conducteur en essai est raccordé aux douilles dans les flasques verticales par des fiches bananes.

La perte d'insertion est mesurée en utilisant un NA. Le niveau de signal mesuré doit être supérieur de 40 dB aux signaux ambiants mesurés à la sortie de la pince absorbante. La non-linéarité sur la mesure de la perte d'insertion doit être inférieure à 0,1 dB.

La sortie du NA est reliée via un câble coaxial et un atténuateur de 10 dB à l'entrée du NA pour étalonner le montage de mesure.

Après étalonnage du montage de mesure, la sortie du NA est raccordée via le câble coaxial et un atténuateur de 10 dB au connecteur de traversée du côté du gabarit où se trouve le CRP de la pince. Le connecteur de traversée qui fait face au CRP est fermé par une résistance de 50 Ω. La sortie de la pince absorbante est raccordée à l'entrée du NA via le câble récepteur et un atténuateur de 6 dB.

La perte d'insertion est ensuite mesurée jusqu'à 60 MHz au moins par pas de 1 MHz, jusqu'à 120 MHz par pas de 2 MHz, jusqu'à 300 MHz par pas de 5 MHz et au-delà de 300 MHz par pas de 10 MHz.

Le facteur de pince CF_{jig} est calculé à partir de la perte d'insertion en utilisant l'équation (7). Le fabricant doit déterminer au minimum le facteur de transfert de gabarit JTF défini en 4.3, équation (11), qui permet le calcul du CF_{orig} pour ce type de pince absorbante.

B.2.3 Méthode d'étalonnage avec module de référence

B.2.3.1 Spécification et utilisation du module de référence et du site d'essai

Le module de référence doit être capable d'exciter par couplage capacitif un courant défini sur le conducteur en essai, indépendamment de tout environnement, tension d'alimentation et équipement de mesure. Ces conditions sont réalisées lorsque le module de référence est alimenté par une tension RF sur un câble coaxial via un atténuateur de 10 dB. Le module de référence est réalisé avec le même matériau que celui utilisé pour les cartes de circuit imprimé simple face. Un connecteur coaxial est monté au centre de la carte de telle manière que seule la broche centrale est raccordée à la feuille de cuivre. Le connecteur coaxial est raccordé à l'atténuateur de 10 dB (voir Figure B.7). Le module de référence doit être raccordé par un câble doublement écranté afin de s'assurer que les courants asymétriques induits sur le conducteur en essai sont causés par le module de référence et non par fuite directe à l'intérieur du câble.

B.2.2 The jig calibration method

B.2.2.1 Specification of the absorbing clamp calibration jig

As described in Clause 4, the absorbing clamp calibration jig can be used for the calibration of the absorbing clamp. The jig is used for the measurement of the insertion loss of the absorbing clamp together with the SAD in a 50 Ω measuring system. Note that the empty jig characteristic impedance is not 50 Ω . The measurement in a jig allows this insertion loss to be measured in isolation from environment. The dimensional specifications of the jig and the arrangement of the clamps are shown in Figures B.3 to B.5.

B.2.2.2 Calibration procedure

A non-metallic guide for the lead under test is mounted on the front side of the absorbing clamp under test so that the lead passes through the centre of the current probe (Figure B.2). The absorbing clamp is then positioned in the jig with the clamp reference point (CRP) of the absorbing clamp 30 mm from the vertical flange as shown in Figure B.3 and B.4. The same distance of 30 mm is used for the end of the SAD to the other vertical flange. The lead under test is connected to the sockets in the vertical flanges by banana plugs.

The insertion loss is measured using a NA. The measured signal level shall be 40 dB higher than the ambient signals measured at the output of the absorbing clamp. The non-linearity of the insertion loss measurement shall be less than 0,1 dB.

The output of the NA is connected via a coaxial cable and a 10 dB attenuator to the input of the NA to calibrate the measurement set-up.

After the measurement set-up has been calibrated, the output of the NA is connected via the coaxial cable and a 10 dB attenuator to the mounting jack on the side of the jig where the CRP of the clamp is positioned. The mounting jack opposite the CRP is terminated with 50 Ω . The output of the absorbing clamp is connected via a 6 dB attenuator and the receiver cable to the input of the NA.

The insertion loss is then measured at least up to 60 MHz in 1 MHz steps, up to 120 MHz in 2 MHz steps, up to 300 MHz in 5 MHz steps, and above 300 MHz in 10 MHz steps.

The clamp factor CF_{jig} is calculated from the insertion loss using Equation (7). The manufacturer shall determine at least the jig transfer factor JTF defined in 4.3, Equation (11), which allows the CF_{orig} for this type of absorbing clamp to be calculated.

B.2.3 The reference device calibration method

B.2.3.1 Specification and use of the reference device and test site

The reference device shall be able to excite by capacitive coupling a defined current on the lead under test, independent of any environment, supply voltage and measurement equipment. This is ensured when the reference device is fed with an RF voltage through a coaxial cable via a 10 dB attenuator. The reference device is constructed with same material as single-sided circuit boards. In the middle of the board there is a coaxial connector mounted in such a way that the middle-pin only is connected to the copper-foil. The coaxial connector is connected to the 10 dB attenuator (see Figure B.7). A double shielded cable shall be used to connect this reference device to ensure that the asymmetrical currents induced on the lead under test are caused by the reference device and not from direct leakage within the cable.

Le module de référence remplace le plan de masse vertical de grande taille dans la procédure d'étalonnage originale sur un ACRS. Le montage d'étalonnage est illustré à la Figure B.6. Le site adapté pour cette méthode d'étalonnage est l'ACRS. Un OATS ou un SAR conçu pour réaliser des mesures à une distance de 10 m, et conforme aux exigences NSA du CISPR, constitue un ACRS valide pour cette procédure d'étalonnage.

B.2.3.2 Procédure d'étalonnage

Un guide non métallique pour le conducteur en essai est monté sur l'extérieur de la pince absorbante en essai de manière à ce que le câble passe par le centre du transformateur de courant (Figure B.2).

Les deux pinces – la pince en essai et la pince secondaire (ferrite) (SAD) – sont positionnées sur la glissière de pince comme représenté à la Figure B.7. La pince en essai est installée en plaçant le côté transformateur de courant en direction du module de référence, qui est positionné au SRP de la glissière de pince. Le bord avant du transformateur de courant constitue le point de référence de la pince (CRP) et doit être indiqué sur le boîtier de la pince par le fabricant. La pince est positionnée en respectant une distance de 150 mm entre le CRP et le module de référence. On fait passer le conducteur en essai (le câble coaxial venant de l'analyseur de réseaux) à travers les deux pinces et il convient de le tendre légèrement en utilisant un dispositif de serrage non métallique approprié aux deux extrémités de la glissière de pince.

Le câble coaxial (conducteur en essai) avec l'atténuateur de 10 dB est raccordé à la sortie du NA. Le câble récepteur de la pince absorbante est raccordé à l'entrée du NA.

L'atténuation de site est mesurée jusqu'à 60 MHz au moins par pas de 1 MHz, jusqu'à 120 MHz par pas de 2 MHz, jusqu'à 300 MHz par pas de 5 MHz et au-delà de 300 MHz par pas de 10 MHz.

L'atténuation de site minimale est mesurée tandis que les deux pinces sont déplacées à une vitesse adaptée sur une distance allant de 150 mm à approximativement 4,5 m du module de référence. Les pinces peuvent être tirées au moyen d'une corde non métallique. Il faut que la vitesse à laquelle les pinces sont déplacées permette de mesurer la perte d'insertion à chaque fréquence et à des intervalles inférieurs à 10 mm.

Le facteur de pince CF de l'ensemble pince absorbante est calculé à partir de la plus faible valeur d'atténuation de site mesurée, en utilisant l'équation (9) de 4.3.

Le fabricant doit déterminer au minimum le facteur de transfert du dispositif de référence RTF en utilisant l'équation (12) de 4.3 qui permet le calcul du CF_{orig} pour ce type de pince absorbante.

B.2.4 Incertitude de mesure sur l'étalonnage de la pince absorbante

L'incertitude sur l'étalonnage doit être mentionnée dans chaque rapport d'étalonnage. Le rapport d'étalonnage doit prendre en compte les facteurs d'incertitude suivants.

- La méthode d'étalonnage originale:
 - l'incertitude de l'instrument de mesure,
 - la désadaptation entre la sortie de la pince absorbante (munie d'un atténuateur de 6 dB et du câble récepteur) et l'instrument de mesure,
 - la répétabilité des étalonnages, qui inclut des facteurs comme le centrage du conducteur en essai dans le transformateur de courant et le guidage du câble récepteur vers l'analyseur de réseaux.

La pince absorbante doit satisfaire à l'exigence minimale des facteurs de découplage DF et DR .

The reference device replaces the large vertical ground plane in the original calibration procedure on an ACRS. The calibration set-up is shown in Figure B.6. The site suitable for this calibration method is the ACRS. An ACRS that is valid for this calibration procedure is an OATS or a SAR for a 10 m measurement distance that complies with the CISPR NSA requirements.

B.2.3.2 Calibration procedure

A non-metallic guide for the lead under test is mounted on the outside of the absorbing clamp under test so that the lead passes through the centre of the current transformer (Figure B.2).

Both clamps – the clamp under test and the second (ferrite) clamp (SAD) – are positioned on the clamp slide as shown in Figure B.7. The current transformer of the clamp under test is placed with its side towards the reference device, which is positioned at the SRP of the clamp slide. The front edge of the current transformer is the clamp reference point (CRP) and shall be marked on the clamp case by the manufacturer. The clamp is positioned with a distance of 150 mm between the CRP and the reference device. The lead under test (the coaxial cable from the network analyzer) is passed through both clamps and should be stretched slightly using an appropriate non-metallic clamping device at both ends of the clamp slide.

The coaxial cable (lead under test) with the 10 dB attenuator is connected to the output of the NA. The receiver cable of the absorbing clamp is connected to the input of the NA.

The site attenuation is measured at least up to 60 MHz in 1 MHz steps, up to 120 MHz in 2 MHz steps, up to 300 MHz in 5 MHz steps, and above 300 MHz in 10 MHz steps.

The minimum site attenuation is measured while the two clamps are moved at a suitable speed from 150 mm to approximately 4,5 m from the reference device. The clamps may be pulled by means of a non-metallic rope. The speed at which the clamps are moved must allow the insertion loss to be measured at each frequency at intervals of less than 10 mm.

The clamp factor CF of the absorbing clamp assembly is calculated from the lowest measured site attenuation using Equation (9) of 4.3.

The manufacturer shall determine at least the reference device transfer factor RTF using 4.3, Equation (12), which allows the CF_{orig} for this type of absorbing clamp to be calculated.

B.2.4 Measurement uncertainty of the absorbing clamp calibration

The calibration uncertainty is to be mentioned in every calibration report. The calibration report shall consider the following uncertainty factors.

- The original calibration method:
 - the uncertainty of the measurement equipment,
 - the mismatch between the output of the absorbing clamp (with a 6 dB attenuator and receiver cable) and the measurement equipment, and
 - the repeatability of the calibrations, which includes factors such as centring the lead under test in the current transformer and guidance of the receiver cable to the network analyzer.

The absorbing clamp is to fulfill the minimum requirement of the decoupling factors DF and DR .

- La méthode d'étalonnage avec gabarit:
 - l'incertitude du facteur de pince CF ,
 - l'incertitude de l'instrument de mesure,
 - la désadaptation entre la sortie de la pince absorbante (munie d'un atténuateur de 6 dB et du câble récepteur) et l'instrument de mesure,
 - la répétabilité des étalonnages, qui inclut des facteurs tels que le centrage du conducteur en essai dans le transformateur de courant.

La pince absorbante doit satisfaire à l'exigence minimale des facteurs de découplage DF et DR .

- La méthode d'étalonnage avec module de référence:
 - l'incertitude du facteur de pince CF ,
 - l'incertitude de l'instrument de mesure,
 - la désadaptation entre la sortie de la pince absorbante (munie d'un atténuateur de 6 dB et du câble récepteur) et l'instrument de mesure,
 - la répétabilité des étalonnages, qui inclut des facteurs comme le centrage du conducteur en essai dans le transformateur de courant et le guidage du câble récepteur vers l'analyseur de réseaux.

La pince absorbante doit satisfaire à l'exigence minimale des facteurs de découplage DF et DR .

Des instructions détaillées concernant la détermination du budget d'incertitude de la méthode d'étalonnage de la pince sont données dans la CISPR 16-4-2.

B.3 Méthodes de validation des fonctions de découplage

B.3.1 Facteur de découplage DF de la pince absorbante associée au dispositif absorbant secondaire

La méthode de mesure du facteur de découplage pour la pince absorbante associée au dispositif absorbant secondaire est considérée comme une exigence pour le fabricant de pince et comme une option pour la gestion de la qualité.

Le facteur de découplage DF est mesuré en utilisant le gabarit d'étalonnage de pince (voir Figures B.3, B.4 et B.5). La mesure du facteur de découplage DF utilise un système de mesure en 50 Ω à la fois pour la mesure de référence et pour la mesure sur le matériel en essai. Une référence à un gabarit vide donnerait des valeurs de mesure irréalistes compte tenu du fait que l'impédance du gabarit varie lorsque l'on introduit la pince dans le gabarit. Noter que le gabarit vide ne constitue pas lui-même un système en 50 Ω .

La procédure pour la mesure du facteur de découplage DF est la suivante. La Figure B.8 représente les deux étapes de mesure nécessaires lorsqu'on utilise un analyseur de spectre. On réalise en premier lieu une mesure de référence. La valeur de sortie du générateur est mesurée à travers deux atténuateurs de 10 dB. Ensuite, on mesure la valeur de sortie P_{ref} . Après cela, la pince absorbante et le SAD sont positionnés comme indiqué en B.2.2.2. Un atténuateur de 10 dB est raccordé aux deux connecteurs du gabarit. La distance entre la flasque verticale du gabarit et le point de référence du matériel en essai (CRP dans le cas de la pince) et l'extrémité de la pince doit être de 30 mm. Ensuite, la valeur de sortie P_{fil} est mesurée. Le facteur de découplage DF est déterminé comme suit:

$$DF = P_{ref} - P_{fil} \quad (B.1)$$

- The jig calibration method:
 - the uncertainty of the clamp factor CF ,
 - the uncertainty of the measurement equipment,
 - the mismatch between the output of the absorbing clamp (with a 6 dB attenuator and receiver cable) and the measurement equipment, and
 - repeatability of the calibrations, which includes factors such as centring the lead under test in the current transformer.

The absorbing clamp is to fulfil the minimum requirement of the decoupling factors DF and DR .

- The reference device calibration method:
 - the uncertainty of the clamp factor CF ,
 - the uncertainty of the measurement equipment,
 - the mismatch between the output of the absorbing clamp (with a 6 dB attenuator and receiver cable) and the measurement equipment, and
 - the repeatability of the calibrations, which includes factors such as centering the lead under test in the current transformer and guidance of the receiver cable to the network analyzer.

The absorbing clamp is to fulfil the minimum requirement of the decoupling factors DF and DR .

Detailed guidance on the determination of the uncertainty budget of the clamp calibration method is given in CISPR 16-4-2.

B.3 Validation methods of the decoupling functions

B.3.1 The decoupling factor DF of the absorbing clamp with the secondary absorbing device

The measurement method of the decoupling factor applies for the absorbing clamp with the secondary absorbing device as a requirement for the clamp manufacturer and an option for quality management proposes.

The decoupling factor DF is measured using the clamp calibration jig (see Figures B.3, B.4 and B.5). The decoupling factor DF measurement uses a 50 Ω measuring system for both the reference measurement and for the measurement with the device under test. A reference to an empty jig would give unrealistic measurement values, since the impedance of the jig changes when the clamp is inserted in the jig. Note that the empty jig is not a 50 Ω system!

The procedure for the measurement of the decoupling factor DF is as follows. Figure B.8 shows the two measurements steps that are necessary when using a spectrum analyzer. First a reference measurement is performed. The output of the generator is measured through two 10 dB attenuators. Then, the output P_{ref} is measured. After this the absorbing clamp with SAD is positioned as described in B.2.2.2. At both connections of the jig, a 10 dB attenuator is applied. The distance between the vertical flange of the jig and the reference point of the device under test (CRP in case of the clamp) and of the end of the clamp shall be 30 mm. Then the output P_{fil} is measured. The decoupling factor DF is determined as follows:

$$DF = P_{\text{ref}} - P_{\text{fil}} \quad (\text{B.1})$$

Le facteur de découplage pour la pince absorbante avec le SAD doit être d'au moins 21 dB sur toute la bande de fréquences concernée.

NOTE Pour information, il convient que le DF du SAD mesuré séparément soit d'environ 15 dB.

Cette mesure peut également être réalisée avec un NA. Dans ce cas, on peut se dispenser des atténuateurs si l'étalonnage du NA est réalisé aux interfaces qui sont raccordées au gabarit.

B.3.2 Le facteur de découplage DR de la pince absorbante

L'utilisation du gabarit d'étalonnage de la pince pour mesurer le facteur de découplage DR (voir Figures B.3, B.4 et B.5) est considérée comme une exigence pour le fabricant de pinces, et comme une option pour la gestion de la qualité.

La procédure pour la mesure du facteur de découplage DR est la suivante (voir Figures B.8 et B.9). Pour la mesure de la tension asymétrique sur le câble coaxial venant du transformateur de courant, la pince absorbante sans le SAD est positionnée dans le gabarit comme indiqué en B.2.2.2. La sortie mesure est raccordée à un CDN de type A (voir Figure C.1 de la CISPR 16-1-2), via un câble coaxial court. Le CDN est installé sur le plan de masse métallique. Le connecteur du gabarit situé du côté opposé aux CRP des pinces doit être terminé par une charge $50\ \Omega$.

La Figure B.8, étape 1 représente la mesure de référence qui est nécessaire lorsqu'on utilise un analyseur de spectre. La valeur de sortie du générateur est mesurée à travers deux atténuateurs de 10 dB. On mesure ensuite la valeur de sortie P_{ref} .

Ensuite, la pince absorbante est installée comme indiqué à la Figure B.9. Le générateur est raccordé au gabarit (du côté le plus proche du CRP de la pince) par l'intermédiaire d'un atténuateur de 10 dB. L'autre point de raccordement du gabarit est terminé par une charge $50\ \Omega$. La sortie de la pince est raccordée à un CDN. La sortie mesure du CDN est raccordée au récepteur par l'intermédiaire d'un atténuateur à 10 dB. La sortie du CDN est chargée par $50\ \Omega$. On mesure ensuite la valeur de sortie P_{fil} . Le facteur de découplage DR est déterminé comme suit:

$$DR = P_{ref} - P_{fil} \quad (B.2)$$

Le facteur de découplage pour la pince absorbante doit être d'au moins 30 dB sur toute la bande de fréquences concernée. La valeur de 30 dB inclut l'atténuation de 20,5 dB provenant de la pince absorbante plus 9,5 dB provenant du CDN.

Cette mesure peut également être réalisée avec un NA. Dans ce cas, on peut se dispenser des atténuateurs si l'étalonnage du NA est réalisé aux interfaces qui sont raccordées au gabarit et au CDN.

The decoupling factor for the absorbing clamp with the SAD shall be at least 21 dB over the frequency band in question.

NOTE For information, the DF of the separated measured SAD should be about 15 dB.

This measurement may be performed also with a NA. In this case the application of the attenuators may be omitted if the NA calibration is performed at the interfaces that are connected to the jig.

B.3.2 The decoupling factor DR of the absorbing clamp

The decoupling factor DR is measured using the clamp calibration jig (see Figures B.3, B.4 and B.5) as a requirement for the clamp manufacturer and an option for quality management purposes.

The procedure for the measurement of the decoupling factor DR is as follows (see Figures B.8 and B.9). For the measurement of the asymmetrical voltage on the coaxial cable from the current transformer, the absorbing clamp without SAD is positioned in the jig as described in B.2.2.2. The measurement output is connected with a CDN type A (see CISPR 16-1-2, Figure C.1) via a short coaxial cable. The CDN is positioned on the metallic ground plane. A 50 Ω load shall be used to terminate the connection of the jig at the opposite side of the clamps CRP.

Figure B.8, step 1 shows the reference measurement that is necessary when using a spectrum analyzer. The output of the generator is measured through two 10 dB attenuators. Then, the output P_{ref} is measured.

After this, the absorbing clamp is set up as indicated in Figure B.9. The generator is connected to the jig (at the side that is closest to the CRP of the clamp) through a 10 dB attenuator. The other jig connection is terminated with a 50 Ω load. The output of the clamp is connected to a CDN. The measuring output of the CDN is connected to the receiver through a 10 dB attenuator. The output of the CDN is terminated with 50 Ω . Then the output P_{fil} is measured. The decoupling factor DR is determined as follows:

$$DR = P_{\text{ref}} - P_{\text{fil}} \quad (\text{B.2})$$

The decoupling factor for the absorbing clamp shall be at least 30 dB over the frequency band in question. The 30 dB contains 20,5 dB attenuation from the absorbing clamp and 9,5 dB from the CDN.

This measurement may be performed also with a NA. In this case the application of the attenuators may be omitted if the NA calibration is performed at the interfaces that are connected to the jig and CDN.

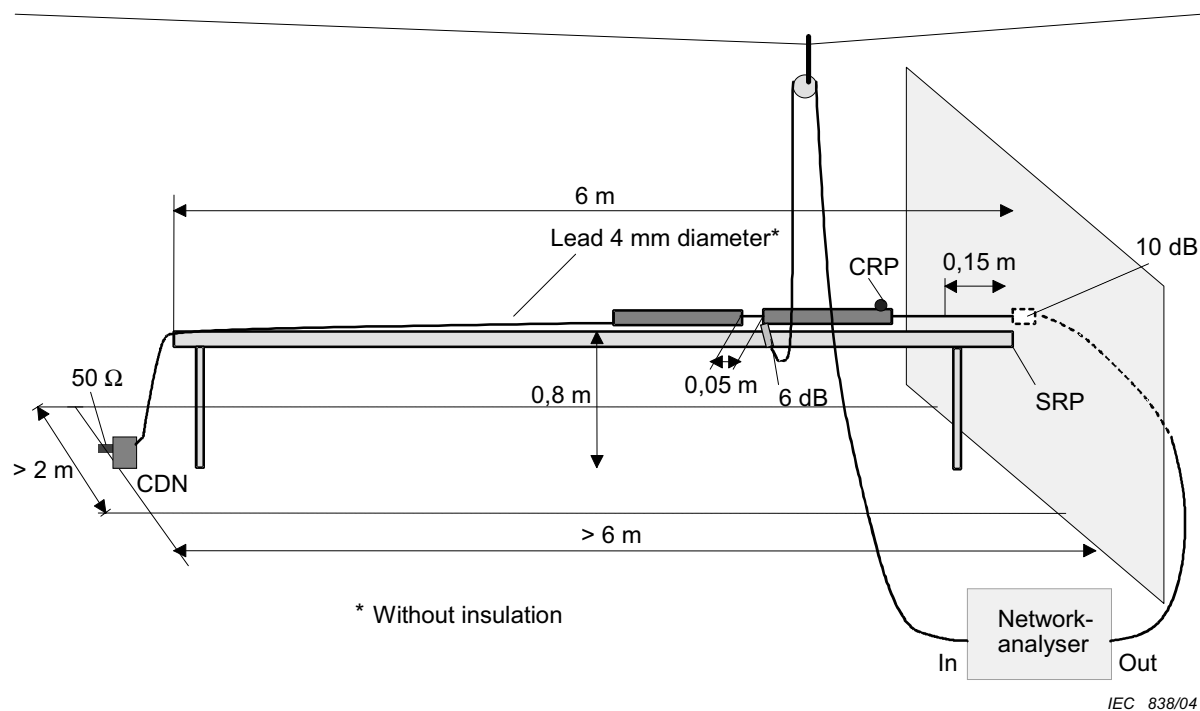
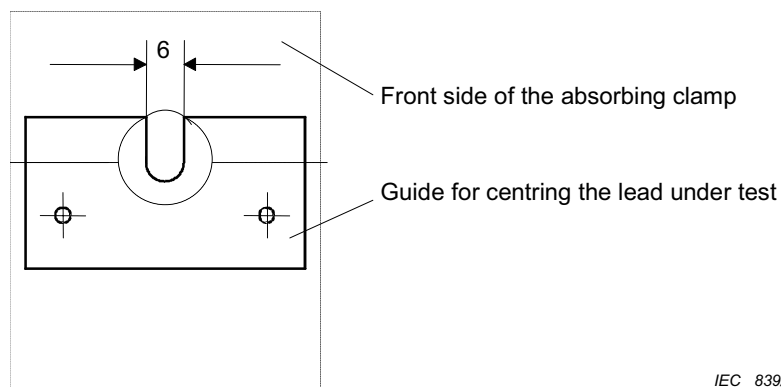


Figure B.1 – The original calibration site



Dimensions in mm

When using coaxial cable for the reference device, the slot shall be corrected to coaxial cables diameter.

Figure B.2 – Position of guide for centring the lead under test

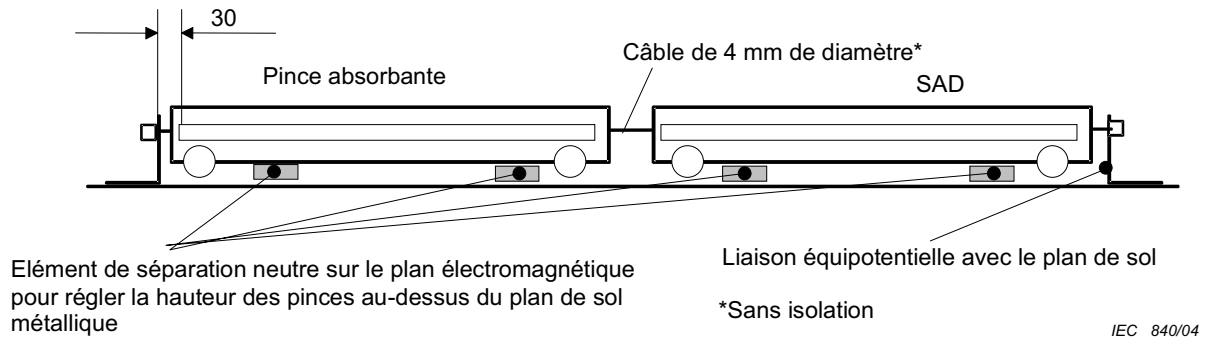


Figure B.3 – Vue latérale du gabarit d'étalonnage

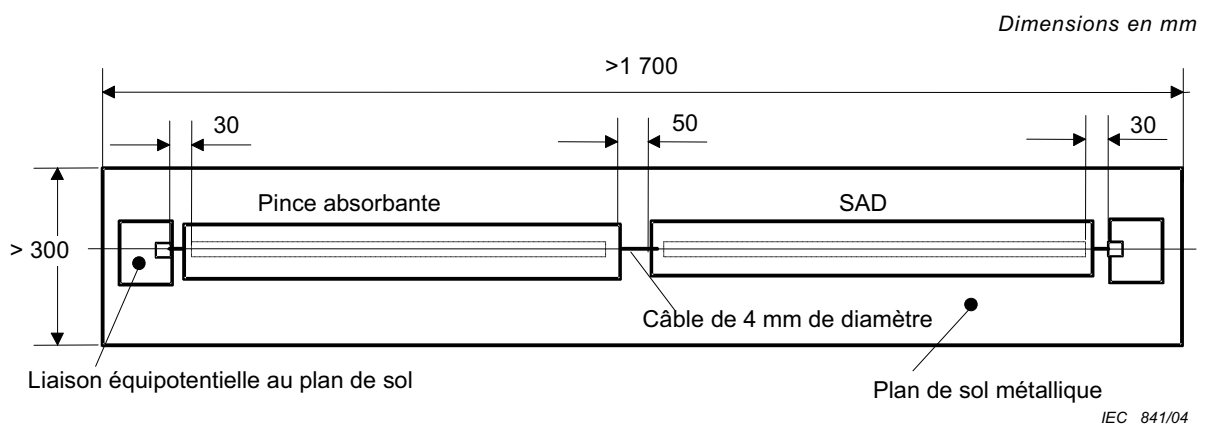
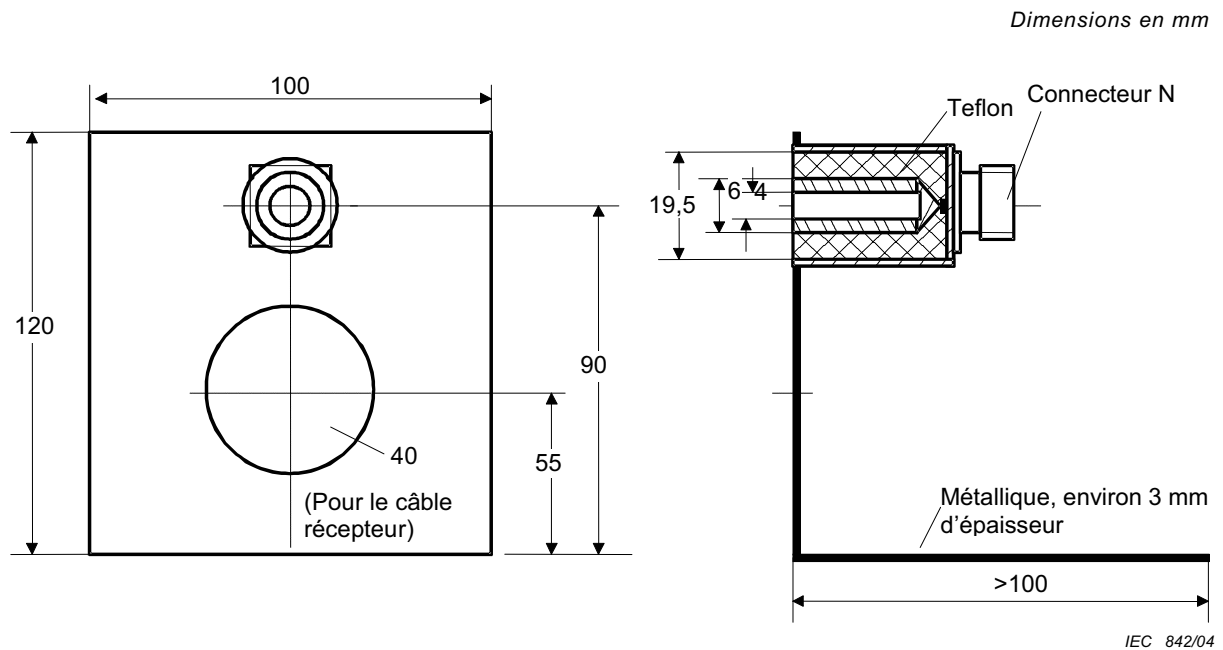


Figure B.4 – Vue de dessus du gabarit



Dimensions en mm

Les faces inférieures doivent avoir une liaison équipotentielle avec le plan de sol métallique.

Figure B.5 – Vue de la flasque verticale de gabarit

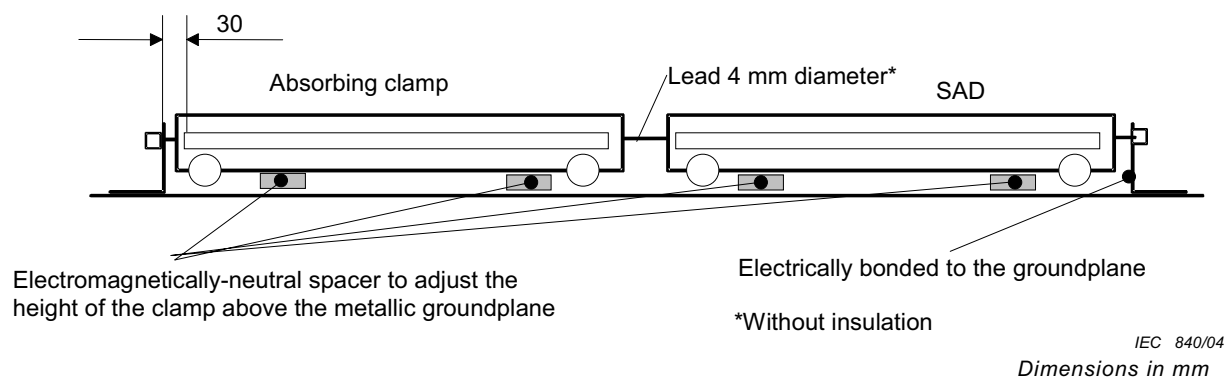


Figure B.3 – Side view of the calibration jig

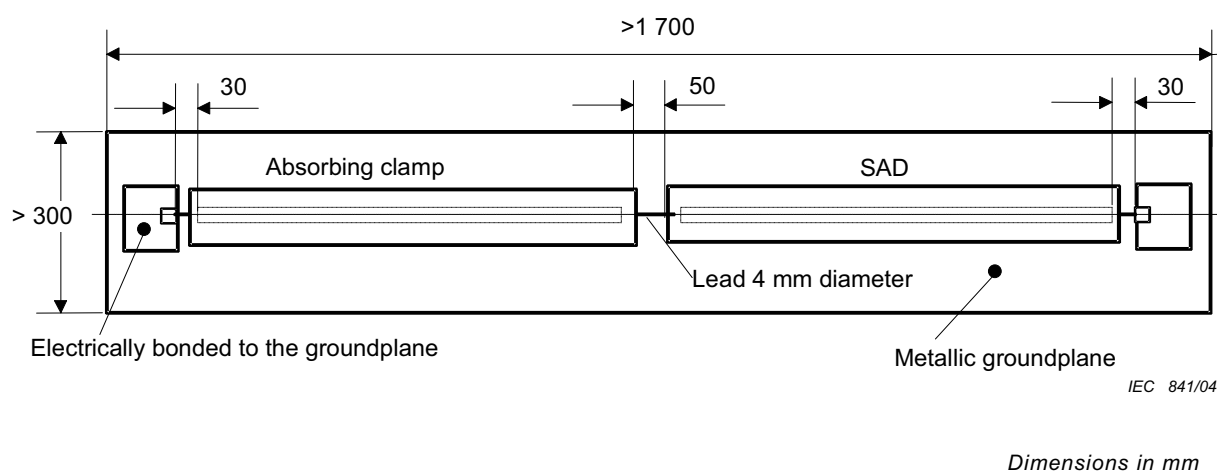
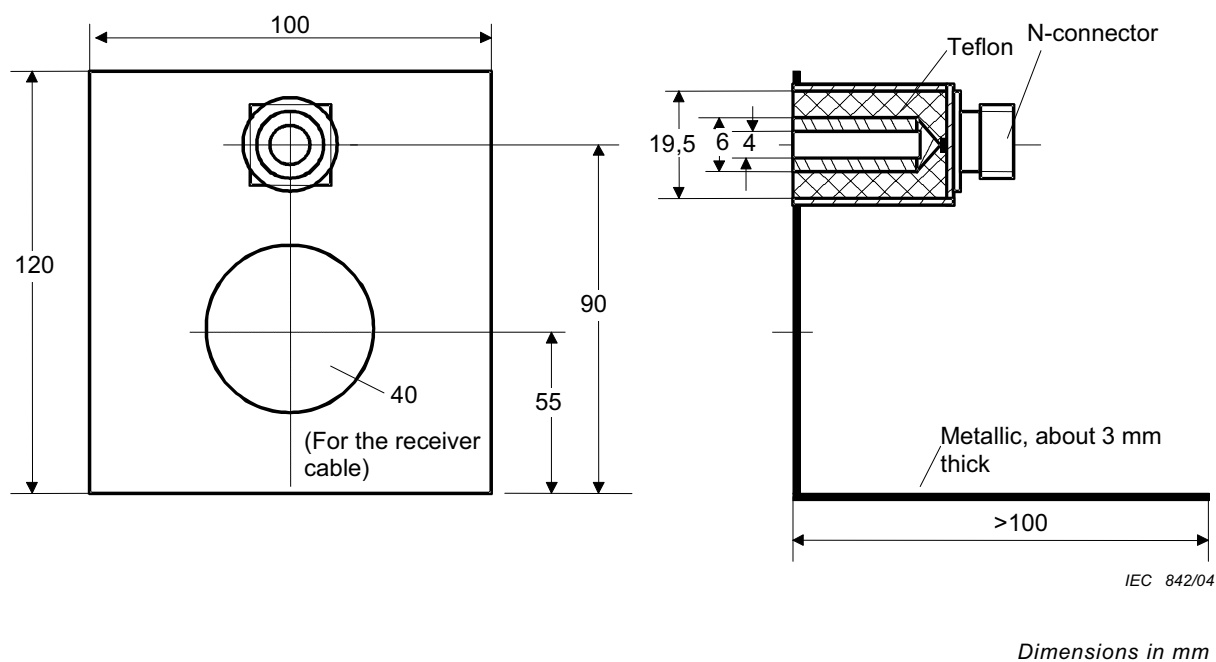


Figure B.4 – Top view of the jig



The bottom sides have to be electrically bonded to the metallic ground plane.

Figure B.5 – View of the jigs vertical flange

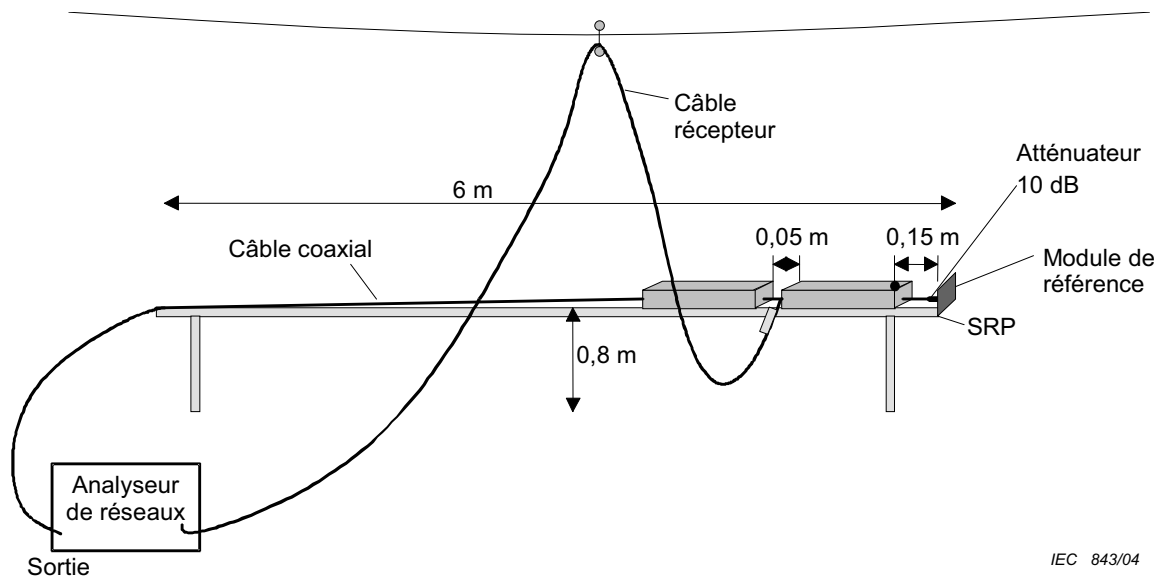


Figure B.6 – Montage d'essai pour la méthode d'étalonnage avec module de référence

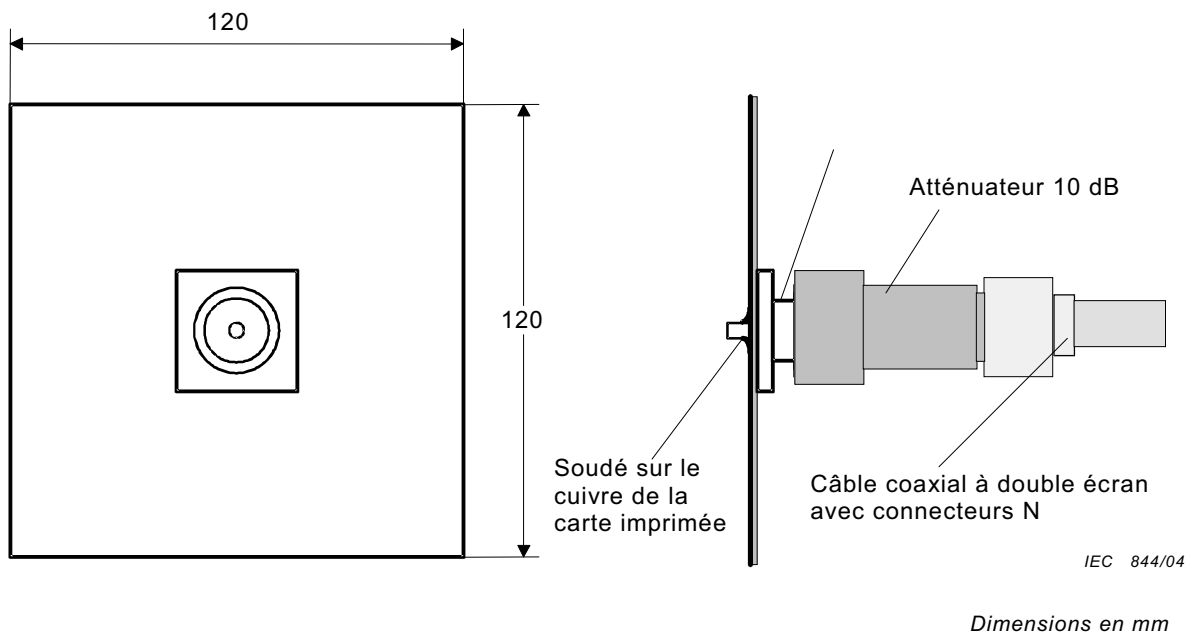
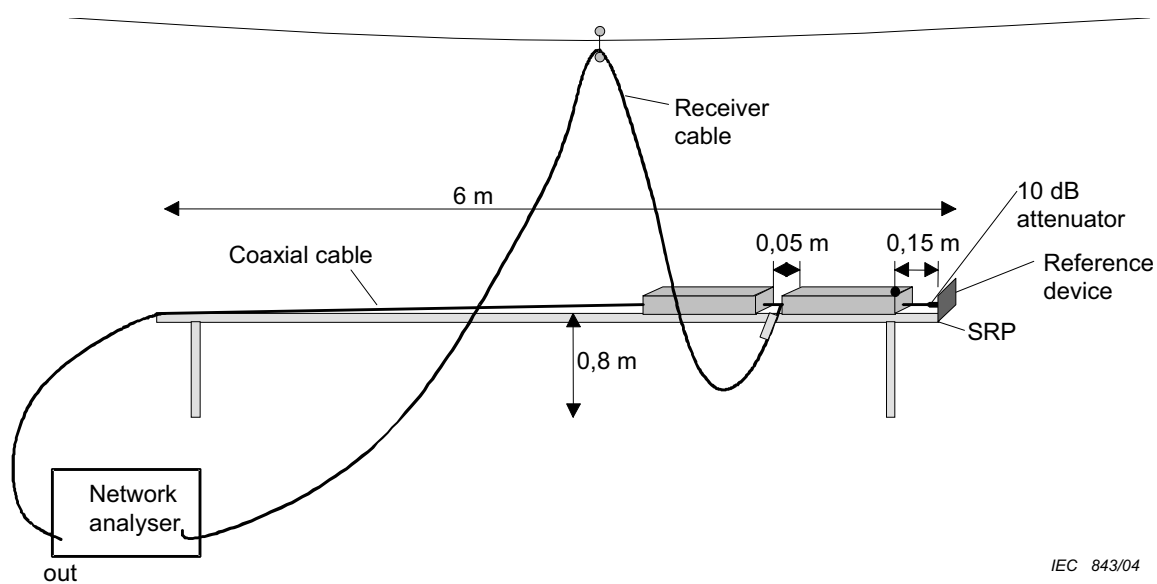
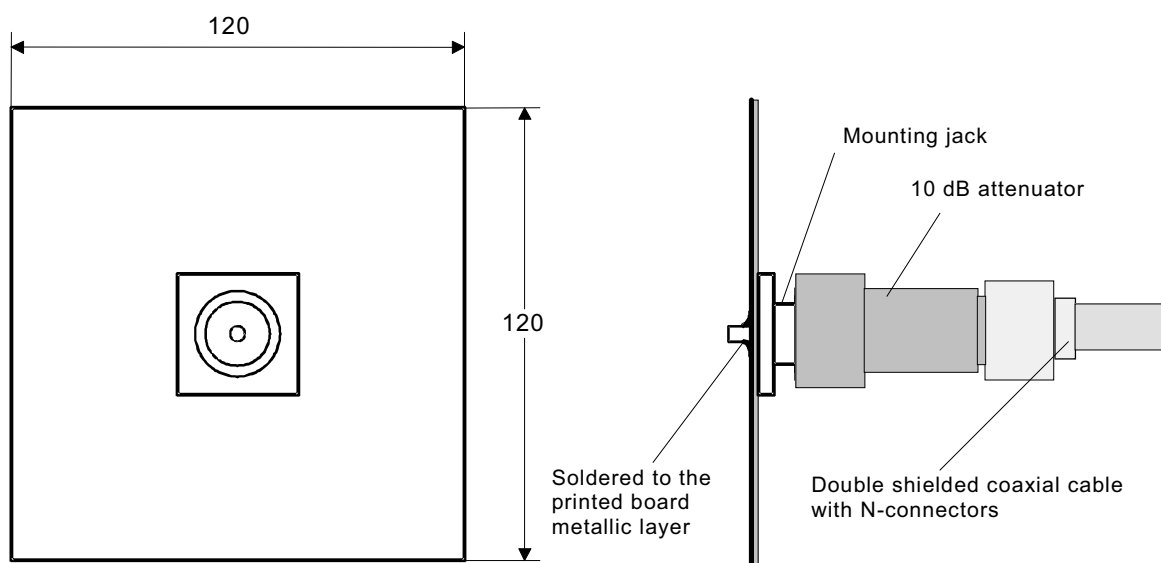


Figure B.7 – Spécification du module de référence



IEC 843/04

Figure B.6 – Test set-up for the reference device calibration method



IEC 844/04

Dimensions in mm

Figure B.7 – Specification of the reference device

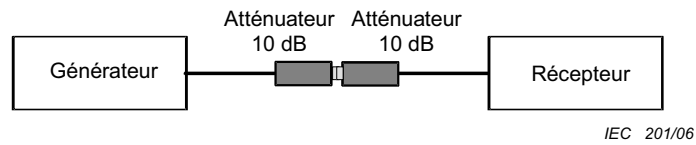


Figure B.8a – Mesure de référence

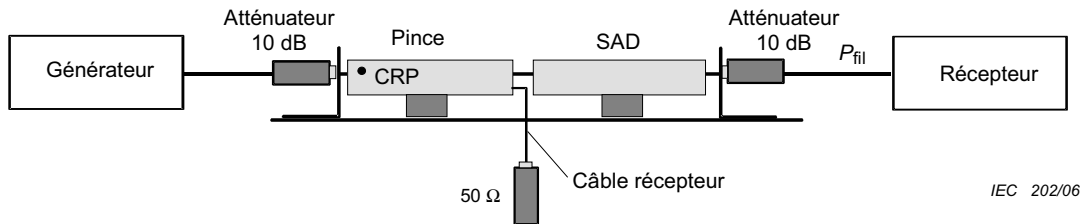
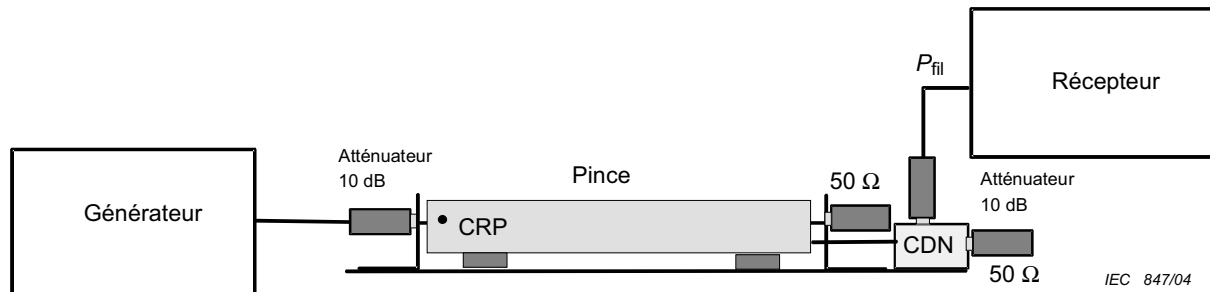


Figure B.8b – Mesure avec la pince absorbante et le SAD placés dans le gabarit

Figure B.8 – Montage de mesure du facteur de découplage DF



Légende

P_{fil} = P mesuré atténué par le filtre absorbant

Figure B.9 – Montage de mesure du facteur de découplage DR

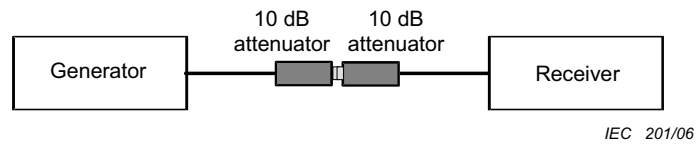


Figure B.8a – Reference measurement

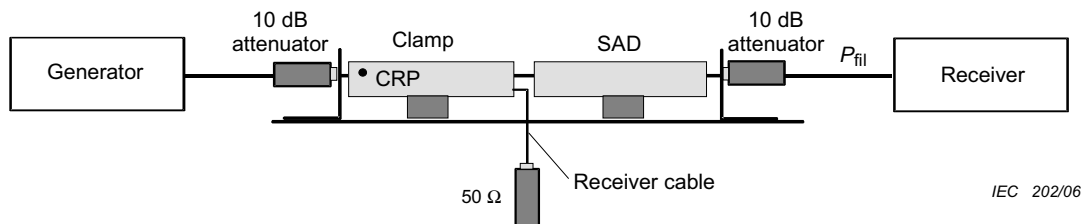
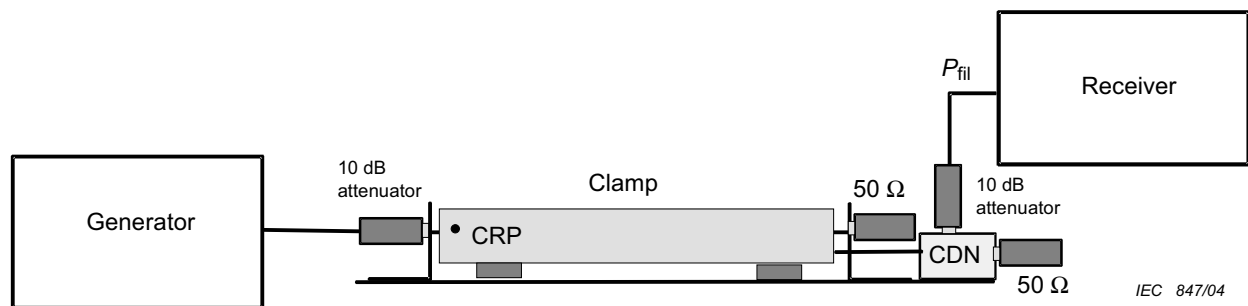


Figure B.8b – Measurement with the absorbing clamp and SAD placed in the jig

Figure B.8 – Measurement set-up of the decoupling factor DF 

P_{fil} = Measured P attenuated by the absorbing filter

Figure B.9 – Measurement set-up of the decoupling factor DR

Annexe C (normative)

Validation du site d'essai à la pince absorbante (Article 4)

C.1 Introduction

Cette annexe fournit des informations détaillées sur la méthode de validation du site d'essai à la pince absorbante.

Un site d'essai à la pince absorbante (ACTS) doit être vérifié en comparant le facteur de pince CF d'une pince étalonnée avec le facteur de pince mesuré in situ à l'ACTS $CF_{in situ}$ en utilisant la méthode d'étalonnage originale (voir 4.3 et Annexe B).

C.2 Exigences pour l'équipement de validation

La méthode originale (voir B.2.1) avec plan de masse vertical et conducteur spécifique en essai est utilisée pour générer un courant de mode commun défini sur le conducteur en essai. Ce courant de mode commun peut être influencé par l'environnement de l'ACTS, qui peut différer de celui de l'ACRS.

C.3 Procédure de mesure de validation

La procédure d'étalonnage suivante est réalisée sur l'ACTS à valider.

➤ La procédure de mesure de l'atténuation de site

- Etape 1 – Mesure de référence de la puissance du générateur

Tout d'abord, pour obtenir une référence, la puissance de sortie P_{gen} du générateur est mesurée directement par un récepteur, en utilisant les câbles de l'expérimentation et un atténuateur de 10 dB (Figure C.1a).

- Etape 2 – Mesure du facteur de pince in situ sur l'ACTS

Ensuite, la puissance perturbatrice maximale P_{ref} sur le LUT est mesurée en reprenant le même réglage du générateur et l'atténuateur de 10 dB, et en utilisant le montage donné à la Figure C.1b.

Les deux pinces – la pince absorbante et le dispositif absorbant secondaire (SAD) – sont positionnés sur la glissière de pince comme indiqué à la Figure C.1b. Le point de référence de la pince en essai est dirigé vers le plan de masse vertical. Le plan de masse vertical est positionné au SRP de la glissière de pince. Un guide non métallique pour le LUT est monté sur l'extérieur de la pince absorbante en essai de manière à ce que le conducteur passe par le centre du transformateur de courant (Figure B.2). La pince est positionnée en respectant une distance de 150 mm entre le CRP et le plan de masse vertical. On fait passer le conducteur en essai à travers les deux pinces et il convient de le tendre légèrement en utilisant un dispositif de serrage non métallique approprié aux deux extrémités de la glissière de la pince. Le câble en essai est raccordé au connecteur de traversée sur le plan de masse vertical.

Annex C (normative)

Validation of the absorbing clamp test site (Clause 4)

C.1 Introduction

This annex gives the details on the method for the validation of the absorbing clamp test site.

An absorbing clamp test site (ACTS) shall be verified by comparing the clamp factor CF of a calibrated clamp with the in-situ at the ACTS measured clamp factor $CF_{\text{in-situ}}$ using the original calibration method (see 4.3 and Annex B).

C.2 Equipment requirements for validation

The original method (see Annex B.2.1) with vertical ground plane and the specific lead under test is used to generate a defined common mode current on the lead under test. This common mode current may be influenced by the environment of the ACTS, which may deviate from the ACRS.

C.3 Validation measurement procedure

The following calibration procedure is carried out on the ACTS to be validated.

➤ The site attenuation measurement procedure

- Step 1 – Reference measurement of generator power

First, as a reference, the output power P_{gen} of the generator is measured directly through the used cables and a 10 dB attenuator using a receiver (Figure C.1a).

- Step 2 – Measurement of the in-situ clamp factor on the ACTS

Secondly, the maximum disturbance power P_{ref} on the LUT is measured using the same generator setting and 10 dB attenuator and using the set-up given in Figure C.1b.

The two clamps – the absorbing clamp and the secondary absorbing device (SAD) – are positioned on the clamp slide as shown in Figure C.1b. The clamp reference point of the clamp under test is placed in the direction of the vertical ground plane. The vertical ground plane is positioned at the SRP of the clamp slide. A non-metallic guide for the LUT is mounted on the outside of the absorbing clamp under test so that the lead passes through the centre of the current transformer (Figure B.2). The clamp is positioned with a distance of 150 mm between the CRP and the vertical ground plane. The lead under test is passed through both clamps and should be stretched slightly using an appropriate non-metallic clamping device at both ends of the clamp slide. The lead under test is connected to the mounting jack on the vertical ground plane.

La sortie du NA est raccordée au connecteur de traversée au niveau du plan de masse vertical via l'atténuateur de 10 dB. Le câble récepteur de la pince absorbante est raccordé à l'entrée du NA.

Le signal est mesuré jusqu'à 60 MHz au moins par pas de 1 MHz, jusqu'à 120 MHz par pas de 2 MHz, jusqu'à 300 MHz par pas de 5 MHz et au-delà de 300 MHz par pas de 10 MHz.

La puissance perturbatrice maximale est mesurée tandis que les pinces sont déplacées à une vitesse adaptée entre 150 mm et approximativement 4,5 m du plan de masse vertical. Les pinces peuvent être tirées au moyen d'une corde non métallique. Il faut que la vitesse à laquelle les pinces sont déplacées permette de mesurer la perte d'insertion à chaque fréquence et à des intervalles inférieurs à 10 mm.

▪ Etape 3 – Calcul du facteur de pince in situ

Le facteur de pince in situ (en dB) du site étudié (ACTS) peut être déterminé en utilisant l'équation suivante:

$$CF_{in-situ} = (P_{gen} - P_{ref}) - 17 \quad (C.1)$$

Cette détermination de CF_{orig} et $CF_{in situ}$ peut être réalisée par le laboratoire ou par un tiers (laboratoire d'étalonnage).

C.4 Validation de l'ACTS

Le facteur de pince original CF_{orig} doit être comparé avec le facteur de pince in situ $CF_{in situ}$. Le critère d'acceptation pour la validation de l'ACTS est donné par l'équation (13) (voir 4.5.3) si la mesure de validation et les procédures d'étalonnage (l'Article C.3 et B.2.1) sont réalisées par le laboratoire lui-même et si les exigences d'incertitude données à l'Article C.5 sont satisfaites.

Si le facteur de pince est déterminé par un tiers, le critère d'acceptation de validation est modifié comme suit:

- <3 dB entre 30 MHz et 150 MHz
- 3 dB à 2,5 dB entre 150 MHz et 300 MHz en décroissant
- <2 dB entre 300 MHz et 1 000 MHz

C.5 Incertitudes de la méthode de validation d'ACTS

L'incertitude de mesure de la validation d'ACTS dépend :

- de l'incertitude de mesure de l'instrumentation de mesure,
- de la désadaptation entre la sortie de la pince absorbante (munie d'un atténuateur de 6 dB) et l'instrumentation de mesure,
- de la répétabilité des mesures, qui inclut l'incertitude sur le centrage du conducteur en essai dans le transformateur de courant et le guidage du câble récepteur vers l'analyseur de réseaux.

Pour la procédure de validation du site de la pince, les exigences d'incertitude mentionnées ci-dessus doivent être prises en compte.

The output of the NA is connected to the mounting jack at the vertical ground plane via the 10 dB attenuator. The receiver cable of the absorbing clamp is connected to the input of the NA.

The signal is measured at least up to 60 MHz in 1 MHz steps, up to 120 MHz in 2 MHz steps, up to 300 MHz in 5 MHz steps, and above 300 MHz in 10 MHz steps.

The maximum disturbance power is measured while the clamps are moved at a suitable speed from 150 mm to approximately 4,5 m from the vertical ground plane. The clamps may be pulled by means of a non-metallic rope. The speed at which the clamps are moved must allow the insertion loss to be measured at each frequency at intervals of less than 10 mm.

▪ Step 3 – Calculation of the in-situ clamp factor

The in situ clamp factor (in dB) of the site under consideration (ACTS) can be determined using the following equation:

$$CF_{\text{in-situ}} = (P_{\text{gen}} - P_{\text{ref}}) - 17 \quad (\text{C.1})$$

This determination of CF_{orig} and $CF_{\text{in-situ}}$ can be done by the test house or by a third party (calibration test house).

C.4 Validation of the ACTS

The original clamp factor CF_{orig} shall be compared with the in-situ clamp factor $CF_{\text{in-situ}}$. The acceptance criterion for the validation of the ACTS is given by Equation (13) (see 4.5.3) if the validation measurement and the calibration procedures (Clause C.3 and B.2.1) are done by the test house itself and provided that the uncertainty requirements given in Clause C.5 are met.

If the clamp factor is determined by a third party the acceptance criterion for the validation is changed to:

<3 dB	between 30 MHz and 150 MHz
3 to 2,5 dB	between 150 MHz and 300 MHz decreasing
<2 dB	between 300 MHz and 1 000 MHz

C.5 Uncertainties of the ACTS validation method

The measurement uncertainty of the ACTS validation depends on:

- the measurement uncertainty of the measurement equipment,
- the mismatch between the output of the absorbing clamp (with a 6 dB attenuator) and the measurement equipment, and
- the repeatability of the measurement, which includes the uncertainty centring the lead under test in the current transformer, and guidance of the receiver cable to the network analyzer.

For the clamp site validation procedure, the above mentioned uncertainty requirements shall be taken into account.

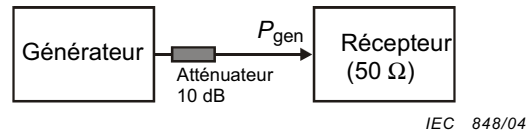


Figure C.1a – Mesure de référence de la puissance du générateur

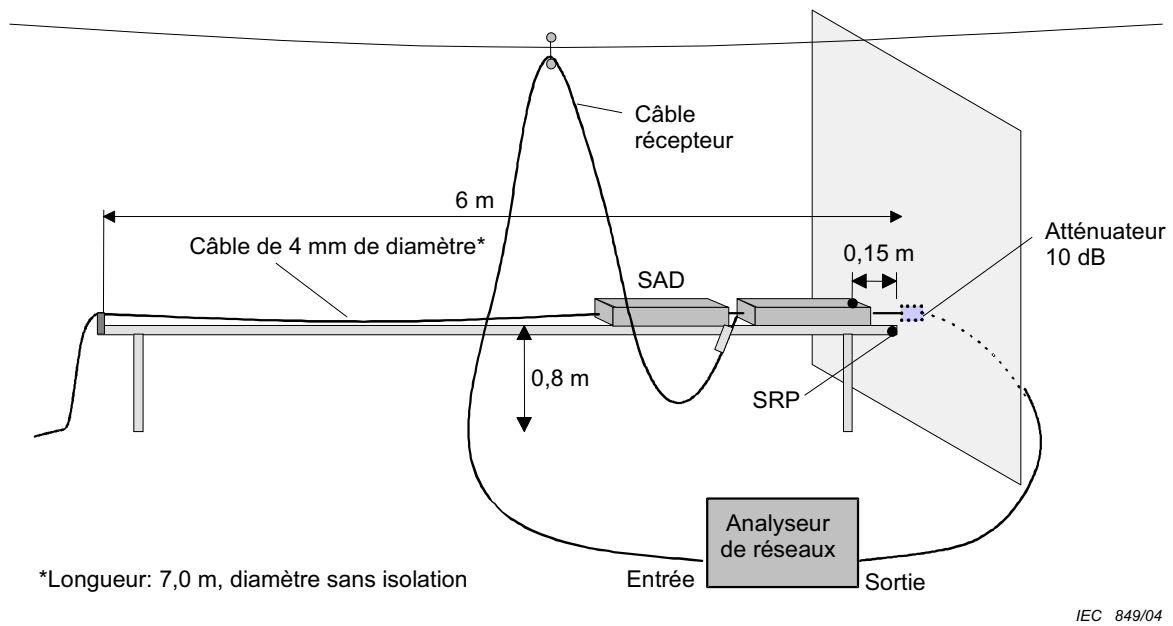
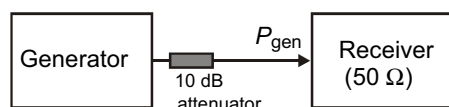


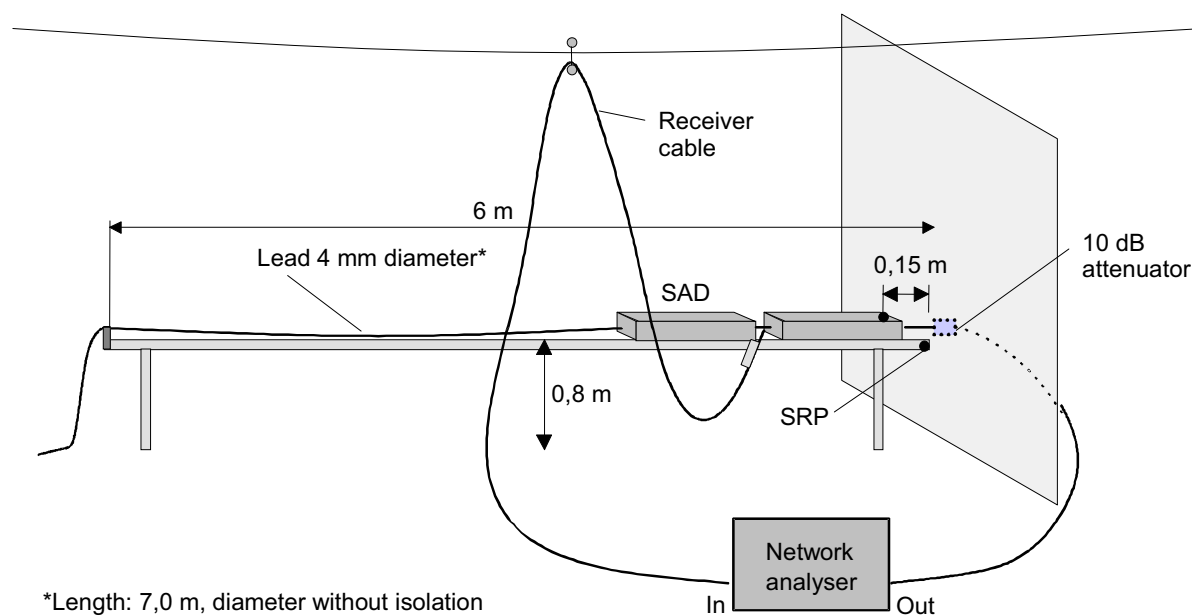
Figure C.1b – Montage pour les mesures de puissance sur l'ACTS ou l'ACRS

Figure C.1 – Montages d'essai pour la mesure de l'atténuation de site pour la validation du site de la pince en utilisant le module de référence



IEC 848/04

Figure C.1a – Reference measurement of generator power



IEC 849/04

Figure C.1b – Set-up for power measurements on the ACTS or on the ACRS

Figure C.1 – Test set-ups for the site attenuation measurement for clamp site validation using the reference device



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐
 librarian ☐
 researcher ☐
 design engineer ☐
 safety engineer ☐
 testing engineer ☐
 marketing specialist ☐
 other.....

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing ☐
 consultant ☐
 government ☐
 test/certification facility ☐
 public utility ☐
 education ☐
 military ☐
 other.....

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference ☐
 product research ☐
 product design/development ☐
 specifications ☐
 tenders ☐
 quality assessment ☐
 certification ☐
 technical documentation ☐
 thesis ☐
 manufacturing ☐
 other.....

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all ☐
 nearly ☐
 fairly well ☐
 exactly ☐

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐
 standard is incomplete ☐
 standard is too academic ☐
 standard is too superficial ☐
 title is misleading ☐
 I made the wrong choice ☐
 other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
 (2) below average,
 (3) average,
 (4) above average,
 (5) exceptional,
 (6) not applicable

- timeliness.....
 quality of writing.....
 technical contents.....
 logic of arrangement of contents
 tables, charts, graphs, figures.....
 other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only ☐
 English text only ☐
 both English and French texts ☐

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
bibliothécaire ☐
chercheur ☐
ingénieur concepteur ☐
ingénieur sécurité ☐
ingénieur d'essais ☐
spécialiste en marketing ☐
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
comme consultant ☐
pour un gouvernement ☐
pour un organisme d'essais/
certification ☐
dans un service public ☐
dans l'enseignement ☐
comme militaire ☐
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
une recherche de produit ☐
une étude/développement de produit ☐
des spécifications ☐
des soumissions ☐
une évaluation de la qualité ☐
une certification ☐
une documentation technique ☐
une thèse ☐
la fabrication ☐
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout ☐
à peu près ☐
assez bien ☐
parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
la norme est incomplète ☐
la norme est trop théorique ☐
la norme est trop superficielle ☐
le titre est équivoque ☐
je n'ai pas fait le bon choix ☐
autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres

- (1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet
- publication en temps opportun
qualité de la rédaction.....
contenu technique
disposition logique du contenu
tableaux, diagrammes, graphiques,
figures
autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
uniquement le texte anglais ☐
les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



ISBN 2-8318-7559-5



9 782831 875590

ICS 33.100.10; 33.100.20
