

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-5-7

Première édition
First edition
2001-01

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 5-7:

Guide d'installation et d'atténuation –

**Degrés de protection procurés par les enveloppes
contre les perturbations électromagnétiques
(Code EM)**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 5-7:

Installation and mitigation guidelines –

**Degrees of protection provided by enclosures
against electromagnetic disturbances (EM code)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61000-5-7:2001

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) 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/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) 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/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-5-7

Première édition
First edition
2001-01

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 5-7:

Guide d'installation et d'atténuation –

**Degrés de protection procurés par les enveloppes
contre les perturbations électromagnétiques
(Code EM)**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 5-7:

Installation and mitigation guidelines –

**Degrees of protection provided by enclosures
against electromagnetic disturbances (EM code)**

© IEC 2001 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	10
3 Généralités	10
4 Définitions	12
5 Désignations des performances du blindage	18
6 Approche générale d'essai	20
7 Prescriptions d'essai	22
7.1 Conditions climatiques	22
7.2 Echantillons	24
7.3 Prescriptions d'analyse	24
7.4 Choix de la fréquence d'essai	24
7.5 Définition de la matrice d'essai	26
7.6 Prescriptions pour l'équipement d'essai	26
7.7 Prescriptions de sécurité	26
7.8 Prescriptions pour le plan d'essai	28
7.9 Caractéristiques des essais	28
7.10 Conclusions des essais	40
7.11 Documentation d'essai	40
8 Classification	40
Annexe A (informative) Points à observer pour le choix des prescriptions de protection électromagnétique des enveloppes	42
Annexe B (informative) Résumé des responsabilités des Comités d'Etudes de Produit final compétents	44
Annexe C (informative) Autres méthodes d'essai – cellules TEM et lignes à ruban	46
Annexe D (informative) Antennes	48
Bibliographie	50
Figure 1 – Montage d'essai de l'efficacité de blindage pour la gamme des basses fréquences – fibres optiques	32
Figure 2 – Montage d'essai de l'efficacité de blindage pour la gamme des basses fréquences – câblé (les polarisations multiples doivent être utilisées comme à la figure 1)	34
Figure 3 – Exemple de montage d'essai d'étalonnage pour les essais dans la gamme des basses fréquences	36
Figure 4 – Exemple de configuration de mesure d'étalonnage pour les essais à basse fréquence	38
Tableau 1 – Désignations de code de blindage EM	18
Tableau 2 – Prescriptions pour un équipement type pour les essais destinés à évaluer l'efficacité de blindage d'une enveloppe	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
Clause	
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	11
3 General	11
4 Definitions	13
5 Shielding performance designations.....	19
6 General test approach	21
7 Testing requirements	23
7.1 Climatic conditions.....	23
7.2 Test samples.....	25
7.3 Analysis requirements.....	25
7.4 Test frequency selection	25
7.5 Test matrix definition	27
7.6 Test equipment requirements.....	27
7.7 Safety requirements.....	27
7.8 Test plan requirements	29
7.9 Test performance	29
7.10 Test conclusions.....	41
7.11 Test documentation	41
8 Classification	41
Annex A (informative) Some issues for selection of enclosure electromagnetic protection requirements.....	43
Annex B (informative) Summary of responsibilities of relevant end-product technical committees	45
Annex C (informative) Other test methods – TEM cells and striplines.....	47
Annex D (informative) Antennas	49
Bibliography.....	51
Figure 1 – Shielding effectiveness test set-up for low-frequency range – fibre optic.....	33
Figure 2 – Shielding effectiveness test set-up for low-frequency range – hardwired (multiple polarisations are to be used as in figure 1)	35
Figure 3 – Example noise measurement configuration for low-frequency range testing.....	37
Figure 4 – Example calibration test set-up for low-frequency range testing.....	39
Table 1 – EM shielding code designators.....	19
Table 2 – Enclosure shielding effectiveness typical test equipment requirements	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5-7: Guide d'installation et d'atténuation – Degrés de protection procurés par les enveloppes contre les perturbations électromagnétiques (Code EM)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61000-5-7 a été établie par le sous-comité 77C: Phénomènes transitoires de forte intensité, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

La texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77C/96/FDIS	77C/102/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 3.

Les annexes A, B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 5-7: Installation and mitigation guidelines –
Degrees of protection provided by enclosures against
electromagnetic disturbances (EM code)**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organisation for standardisation comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardisation in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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 organisations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organisation for Standardisation (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organisations.
- 2) The formal decisions or agreements of the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61000-5-7 has been prepared by subcommittee 77C, High power transient phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility (EMC). It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

FDIS	Report on voting
77C/96/FDIS	77C/102/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 3.

Annexes A, B, C and D are given for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La CEI 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guides pour l'installation et l'atténuation

Guides pour l'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme Normes internationales, soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

La présente partie de la CEI 61000 définit un code de marquage des caractéristiques de blindage électromagnétique ainsi que les exigences et procédures applicables aux essais destinés à vérifier les caractéristiques de blindage des enveloppes vides pour matériels électriques et électroniques.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

- General consideration (introduction, fundamental principles)
- Definitions, terminology

Part 2: Environment

- Description of the environment
- Classification of the environment
- Compatibility levels

Part 3: Limits

- Emission limits
- Immunity limits (in so far as they do not fall under responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

- Measurement techniques
- Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

- Installation guidelines
- Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards, technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and completed by a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

This part of IEC 61000 gives electromagnetic shielding performance markings, and test requirements and procedures related to the electromagnetic shielding performance of empty electrical and electronics equipment enclosures.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5-7: Guide d'installation et d'atténuation – Degrés de protection procurés par les enveloppes contre les perturbations électromagnétiques (Code EM)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000 spécifie les prescriptions, les méthodes d'essai et de classification applicables aux degrés de protection contre les perturbations électromagnétiques offerts par des enveloppes vides, pour les fréquences comprises entre 10 kHz et 40 GHz. Les performances du blindage sont à mesurer avant l'installation des équipements et composants électriques et/ou électroniques internes. Cette protection par blindage est mesurée pour montrer que l'enveloppe fournit un blindage adéquat à l'épreuve de l'énergie électromagnétique pour assurer des caractéristiques de fonctionnement acceptables des unités assemblées complètes lorsqu'elles sont soumises aux essais selon les normes CEI applicables. A noter cependant que des caractéristiques satisfaisantes pour une enveloppe vide ne donnent pas nécessairement l'assurance que les unités complètes subiront avec succès toutes les normes d'essais de performances CEM pour un équipement en fonctionnement (voir les remarques de l'annexe A).

La présente norme a pour objet de fournir un moyen reproductible pour l'évaluation des performances de blindage électromagnétique des enveloppes mécaniques vides y compris les coffrets et les bâtis et de spécifier un code de marquage pour permettre à un fabricant de choisir une enveloppe avec une capacité d'atténuer des champs électromagnétiques connue. Les prescriptions d'immunité pour différents types de perturbations électromagnétiques y compris les impulsions de foudre et électromagnétiques nucléaires à haute altitude (IEM-HA) seront examinées par les constructeurs lorsqu'ils détermineront le besoin d'application de la présente norme pour des équipements et des applications spécifiques et pour les prescriptions des enveloppes de blindage spécifiques nécessaires en fonction de la fréquence.

L'adoption du système de classification de la présente norme permettra, lorsque cela sera possible, de promouvoir l'uniformité des méthodes de description de la protection contre les contraintes électromagnétiques fournies par l'enveloppe. Ceci inclut la protection de l'équipement, à l'intérieur de l'enveloppe, contre les contraintes électromagnétiques externes ainsi que la protection de l'équipement extérieur contre les contraintes électromagnétiques produites à l'intérieur.

Les comités techniques responsables des enveloppes peuvent décider individuellement dans quelle mesure et de quelle manière la classification définie dans la présente norme sera utilisée dans leurs normes et de définir le terme «enveloppe» et la manière dont il s'applique à leur équipement. Cependant, les essais et les catégories de performance ne peuvent pas être différents de ceux qui sont spécifiés dans cette norme. L'annexe B donne un guide informatif pour les précisions à spécifier dans les normes de produit relatives aux enveloppes qui s'appliquent.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 5-7: Installation and mitigation guidelines – Degrees of protection provided by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code)

1 Scope

This part of IEC 61000 describes performance requirements, test methods and classification procedures for degrees of protection provided by empty enclosures against electromagnetic disturbances for frequencies between 10 kHz and 40 GHz. The shielding performance is to be measured prior to the installation of internal electrical and/or electronic equipment and components. This shielding protection is measured for the purpose of demonstrating that the enclosure provides adequate shielding of electromagnetic energy to support acceptable performance of the complete assembled units when tested to applicable IEC standards. However, it should be noted that satisfactory performance of an empty enclosure does not necessarily ensure that the completed units will pass all EMC performance test standards for the operating equipment (see discussion in annex A).

The purpose of this standard is to provide a repeatable means for evaluating the electromagnetic shielding performance of empty mechanical enclosures, including cabinets and subracks, and to specify a marking code to allow a manufacturer to select an enclosure with a known capability for attenuating electromagnetic fields. The requirements for immunity to various types of electromagnetic disturbances, including lightning and high-altitude electromagnetic pulse (HEMP) will need to be considered by manufacturers when determining the need for application of this standard for specific equipment and applications, and for the specific enclosure shielding requirements which are necessary as a function of frequency.

The adoption of the classification system in this standard will, whenever possible, promote uniformity in methods of describing the protection against electromagnetic stresses provided by the enclosure. This includes protection of equipment inside the enclosure from external electromagnetic stresses, as well as protection of external equipment from internally generated electromagnetic stresses.

Technical Committees responsible for enclosures may decide on the extent and manner in which the classification defined in this standard is used in their standards and to define “enclosure” as it applies to their equipment. However, the tests and performance categories must not differ from those specified in this standard. An informative guide for the details to be specified in relevant enclosure product standards is given in annex B.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61000. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61000 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(161): *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60050(826): *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 60068-1: *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60529: *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 61000-4-3: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 3: Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-23: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-23: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai pour les dispositifs de protection pour perturbations IEM-HA et autres perturbations rayonnées*

3 Généralités

D'autres normes CEI définissent des prescriptions pour la construction et les essais d'immunité des équipements électriques et électroniques qui doivent résister aux contraintes dues aux perturbations électromagnétiques, y compris les transitoires électriques rapides et les décharges électrostatiques. De plus, il existe des prescriptions similaires pour les essais pour vérifier l'immunité aux impulsions électromagnétiques à haute altitude (IEM-HA). Il existe aussi d'autres normes pour les enveloppes, concernant d'autres effets, en premier lieu la CEI 60529.

Cependant, les constructeurs de cet équipement électrique et électronique ont besoin soit de construire soit de se procurer des enveloppes pour cet équipement avant de procéder aux essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques prévus à l'alinéa précédent. Avec l'expérience, le constructeur sera capable de déterminer les niveaux spécifiques d'efficacité du blindage électromagnétique qui sont suffisants pour permettre à leur produit fini de subir avec succès les essais d'immunité et d'émission CEM requis.

L'efficacité de blindage (SE) est un terme large qui décrit la capacité d'un blindage EM à réduire ou atténuer les champs électromagnétiques externes (ou produits à l'intérieur) et les courants de surface externes (ou internes) avant qu'ils n'atteignent l'intérieur (l'extérieur) du blindage. Normalement, le blindage enveloppe des équipements électroniques sensibles qu'il faut protéger des perturbations électromagnétiques extérieures. Cependant, les blindages sont également utilisés pour réduire les champs électromagnétiques produits par l'équipement placé à l'intérieur et les empêcher de se propager à l'extérieur du blindage. La protection EM est fournie par une topologie complète qui comprend non seulement un boîtier métallique entourant le volume blindé mais également des traitements appropriés pour les pénétrations électriques (alimentation électrique, communication, antenne, signal, alarmes, etc.) et

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61000. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61000 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(161): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60050(826): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

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

IEC 60529: *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61000-4-3: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-23: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-23: Testing and measurement techniques – Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances*

3 General

Other standards in the IEC series define requirements for construction and immunity testing of electrical and electronic equipment which shall withstand the stresses produced by electromagnetic disturbances, including fast electrical transients and electrostatic discharge (ESD). In addition, there are similar requirements for testing to verify immunity to high-altitude electromagnetic pulses (HEMP). There are also existing standards for these enclosures for other effects, primarily IEC 60529.

However, manufacturers of this electrical and electronic equipment need to either construct or procure enclosures for this equipment prior to the electromagnetic disturbance immunity testing noted in the previous paragraph. With experience the manufacturers will be able to determine the particular levels of electromagnetic shielding effectiveness which are sufficient to permit their finished product to pass the required EMC immunity and emissions tests.

Shielding Effectiveness (SE) is a broad term describing the ability of an EM shield to reduce or attenuate external (or internally produced) electromagnetic fields and external (or internal) surface currents before they reach the interior (exterior) of the shield. Typically, the shield encloses sensitive electronic equipment that must be protected from exterior electromagnetic disturbances. However, shields are also used to reduce electromagnetic fields produced by interior equipment from reaching the exterior of the shield. EM protection is provided by a complete topology, consisting not only of a metallic shell surrounding the shielded volume, but also including proper treatments of required electrical (power, communication, antenna, signal,

mécaniques (portes, clapets, tuyaux, etc.) requises. Les essais concernant les dispositifs de protection non linéaires d'extrémité pour les pénétrations électriques ne font pas partie du domaine d'application de la présente norme et sont traités dans d'autres normes CEI. Il est recommandé que les constructeurs d'équipement coordonnent la protection procurée par les blindages électromagnétiques et les dispositifs de protection des pénétrations de ligne tels que les filtres et les éléments non linéaires, de façon à offrir des niveaux de protection comparables contre les champs électromagnétiques rayonnés et contre les transitoires conduites.

L'efficacité de blindage de l'enveloppe est définie comme le rapport de la puissance reçue avec et sans système de blindage inséré entre une antenne de réception et une antenne d'émission. L'efficacité de blindage en un point donné nécessite donc un balayage d'étalonnage (sans barrière) et un balayage de mesure (avec barrière) et elle est obtenue sous la forme du rapport de puissance (différence en dB) entre ces deux résultats séparés. En supposant que c'est la tension de l'antenne capteur qui est détectée,

$$SE = \frac{V_c}{V_m} \quad (1a)$$

$$SE \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \frac{V_c}{V_m} = 10 \log_{10} \frac{P_c}{P_m} \quad (1b)$$

où

V_m est le signal mesuré, la barrière étant présente;

V_c est le signal d'étalonnage dans les mêmes conditions de puissance, fréquence, polarisation et séparation d'antenne sans la barrière;

P_c et P_m sont les puissances qui correspondent à V_c et V_m aux entrées 50 Ω de l'analyseur de réseau.

De plus, pour chaque résultat d'efficacité de blindage, il faut donner une plage de mesure (MR) qui donne la valeur plancher de bruit pour les mesures. La plage de mesure définit l'efficacité de blindage maximale qui peut être mesurée avec précision. Pour les enveloppes d'équipements vides, la plage de mesure est obtenue de la même manière que l'efficacité de blindage à partir du même balayage d'étalonnage et d'un balayage de bruit complémentaire, qui est une mesure avec l'énergie externe rayonnée par l'équipement de diagnostic de l'efficacité de blindage mais avec le câble vers l'antenne de réception terminé sur 50 Ω (au même emplacement que l'antenne), toutes les autres conditions étant les mêmes. Les résultats de l'efficacité de blindage de la barrière sont obtenus en combinant les données de la manière décrite à l'article 7.

Il est prouvé que dans beaucoup de cas, une enveloppe présentera une efficacité de blindage supérieure après l'installation des composants et des modules par rapport à son efficacité à vide. Dans d'autres cas, une enveloppe présentera une faible efficacité de blindage après l'installation de pénétrations complémentaires. Il convient que les constructeurs examinent ces impacts potentiels pour chaque application particulière.

4 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les définitions suivantes s'appliquent:

4.1

décibel (dB)

dixième du Bel, le nombre de décibels indique le rapport de deux puissances et il est égal à 10 fois le logarithme décimal de leur rapport. P_1 et P_2 désignant deux puissances et n le nombre de décibels correspondant à leur rapport,

alarms, etc.) and mechanical penetrations (doors, vents, pipes, etc.). Testing of non-linear terminal protection devices for electrical penetrations is beyond the scope of this standard and is addressed in other IEC standards. Equipment manufacturers should coordinate the protection provided by electromagnetic shields and line penetration protection devices such as filters and non-linear elements to afford comparable levels of protection against both radiating electromagnetic fields and conducted transients.

Enclosure shielding effectiveness is defined as the ratio of received power with and without an intervening shield system inserted between a receiving and a transmitting antenna. The shielding effectiveness at a given point thus requires a calibration sweep (no barrier) and a measurement sweep (with barrier), and is obtained as the power ratio (difference in dB) between these two separate results. Assuming that sensor antenna voltage is detected, then,

$$SE = \frac{V_c}{V_m} \quad (1a)$$

$$SE \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \frac{V_c}{V_m} = 10 \log_{10} \frac{P_c}{P_m} \quad (1b)$$

where

V_m is the measured signal with the barrier present;

V_c is the calibration signal at the same power, frequency, antenna polarisation and separation without the barrier;

P_c and P_m are the powers corresponding to V_c and V_m at the 50 Ω inputs of the network analyser.

In addition, for each shielding effectiveness result, a measurement range (MR) must be given which quantifies the noise floor for the measurements. The measurement range defines the maximum shielding effectiveness that can be accurately measured. For empty equipment enclosures, the measurement range is obtained in the same manner as the shielding effectiveness from the same calibration sweep and an additional noise sweep, which is a measurement with the external energy radiated by the shielding effectiveness diagnostic equipment but with the cable to the receive antenna terminated in 50 Ω (at the same location as the antenna), and all other conditions remaining constant. Barrier shielding effectiveness results are obtained by combining the data in a manner described in clause 7.

There is evidence that for many cases an enclosure will exhibit a higher shielding effectiveness after installation of components and modules than does the empty enclosure. In other cases an enclosure will exhibit a low shielding effectiveness after installing additional penetrations. Manufacturers should consider these potential impacts for each particular application.

4 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61000, the following definitions apply:

4.1

decibel (dB)

one tenth of a bel, the number of decibels denoting the ratio of two amounts of power being 10 times the logarithm to the base 10 of this ratio. With P_1 and P_2 designating two amounts of power and n the number of decibels denoting their ratio,

$$n = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ (dB)} \quad (2)$$

Lorsque les conditions sont telles que les rapports des courants ou les rapports des tensions (ou des grandeurs analogues dans d'autres domaines) sont les racines carrées des rapports des puissances correspondantes, le nombre de décibels équivalent à la différence entre les puissances correspondantes est exprimé par les relations suivantes:

$$n = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \text{ (dB)} \quad (3)$$

$$n = 20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2} \text{ (dB)} \quad (4)$$

où I_1/I_2 et V_1/V_2 représentent respectivement les rapports des courants et des tensions donnés. Par extension, ces relations entre le nombre de décibels et les rapports des courants et des tensions sont parfois appliquées lorsque ces rapports ne sont pas les racines carrées des rapports des puissances correspondantes; pour éviter toute confusion, un tel usage doit être accompagné d'une indication spécifique de cette application.

4.2

degré de protection

importance de la protection procurée par une enveloppe vide contre le passage de l'énergie électromagnétique de l'extérieur vers l'intérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur

4.3

compatibilité électromagnétique (CEM)

aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement

[VEI 161-01-07]

4.4

perturbation électromagnétique

tout phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système

[VEI 161-01-05, modifié]

4.5

brouillage électromagnétique

trouble apporté au fonctionnement d'un appareil, d'une voie de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-06 modifié]

4.6

code EM

système de codage pour indiquer le degré de protection procuré par une enveloppe contre le passage de l'énergie électromagnétique

4.7

enveloppe

élément assurant la protection des matériels contre certaines influences externes et, dans toutes les directions, la protection contre les contacts directs

[VEI 826-03-12]

NOTE La présente définition nécessite l'explication suivante dans le domaine d'application de la présente norme. L'enveloppe peut également procurer une protection à l'appareil externe contre les perturbations électromagnétiques produites à l'intérieur.

$$n = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ (dB)} \quad (2)$$

When the conditions are such that the ratios of currents or ratios of voltages (or analogous quantities in other fields) are the square roots of the corresponding power ratios, the number of decibels by which the corresponding powers differ is expressed by the following relations:

$$n = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \text{ (dB)} \quad (3)$$

$$n = 20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2} \text{ (dB)} \quad (4)$$

where I_1/I_2 and V_1/V_2 are the given current and voltage ratios, respectively. By extension, these relations between number of decibels and ratios of currents and voltages are sometimes applied where these ratios are not the square roots of the corresponding power ratios; to avoid confusion, such usage shall be accompanied by a specific statement of this application.

4.2

degree of protection

extent of protection provided by an empty enclosure against the passage of electromagnetic energy from external to internal or internal to external regions

4.3

electromagnetic compatibility (EMC)

ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment

[IEV 161-01-07]

4.4

electromagnetic disturbance

any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system

[IEV 161-01-05, modified]

4.5

electromagnetic interference

degradation of the performance of a device, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-06 modified]

4.6

EM Code

coding system to indicate the degree of protection provided by an enclosure against the passage of electromagnetic energy

4.7

enclosure

part providing protection of equipment against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact

[IEV 826-03-12]

NOTE This definition needs the following explanation under the scope of this standard: The enclosure may also provide protection to external equipment from internally generated electromagnetic disturbances.

4.8

EST

matériel à l'essai

4.9

niveau d'immunité

niveau maximal d'une perturbation électromagnétique de forme donnée agissant sur un dispositif, un appareil ou un système particulier, pour lequel celui-ci demeure capable de fonctionner avec la qualité voulue

[VEI 161-03-14]

4.10

code IP

système de codification pour indiquer les degrés de protection procurés par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, la pénétration de corps solides étrangers, la pénétration de l'eau, et pour donner une information additionnelle liée à une telle protection (voir la CEI 60529).

4.11

accès

interface particulière de l'EST avec l'environnement électromagnétique incident

4.12

point d'entrée (PdE)

emplacement physique (point), dans une barrière électromagnétique, par lequel l'énergie électromagnétique peut entrer dans un volume topologique, ou en sortir, sauf en présence d'un dispositif de protection adéquat du PdE. Un PdE est plus qu'un simple point géométrique. Les PdE sont classés en PdE d'ouverture ou PdE conducteurs, en fonction du type de pénétration. Ils sont également classés en PdE architecturaux, mécaniques, structurels ou électriques selon les fonctions qu'ils assurent.

4.13

efficacité de blindage (SE)

aptitude d'une enveloppe à atténuer un signal électromagnétique lorsqu'il entre dans une enveloppe ou lorsqu'il en sort, estimé comme le rapport d'un signal reçu (d'un émetteur) sans le blindage, sur le signal reçu avec le blindage en place. La SE est normalement exprimée en décibels. L'efficacité de blindage est sensible à la fréquence et peut présenter des modifications importantes en fonction de la géométrie de l'enveloppe.

4.14

guide d'ondes sous la coupure (WBC)

guide d'ondes destiné en premier lieu à atténuer les ondes électromagnétiques à des fréquences en-dessous de la fréquence de coupure (plutôt que de propager les ondes à des fréquences supérieures à la coupure). La fréquence de coupure est déterminée par les dimensions et la géométrie du guide d'ondes et les propriétés du matériau diélectrique dans la structure du guide d'ondes.

Pour une section donnée, l'efficacité de blindage procurée par un guide d'ondes est déterminée par la formule suivante:

$$SE \text{ (dB)} = 54,6 \left(\frac{1}{\lambda_c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right)^{\frac{1}{2}} L \quad (5)$$

où

λ_c est la longueur d'onde de coupure, en mètres;

λ_c est égal à $1,7 d$ (d : diamètre d'un guide d'ondes circulaire, en mètres);

λ_c est égal à 2α (α : côté le plus large, en mètres, d'un guide d'ondes rectangulaire);

4.8**EUT**

equipment under test

4.9**immunity level**

maximum level of a given electromagnetic disturbance incident on a particular device, equipment or system for which it remains capable of operating at a required degree of performance

[IEV 161-03-14]

4.10**IP code**

coding system to indicate the degree of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, ingress of solid foreign objects and ingress of water, and to give additional information in connection with such protection (see IEC 60529)

4.11**port**

particular interface of the EUT with the incident electromagnetic environment

4.12**point-of-entry (PoE)****port-of-entry (PoE)**

physical location (point/port) on the electromagnetic barrier, where EM energy may enter or exit a topological volume, unless an adequate PoE protective device is provided. A PoE is not limited to a geometrical point. PoEs are classified as aperture PoEs or conductor PoEs according to the type of penetration. They are also classified as architectural, mechanical, structural or electrical PoEs according to the architectural engineering discipline in which they are usually encountered

4.13**shielding effectiveness (SE)**

ability of an enclosure to attenuate an electromagnetic signal as it enters or exits the enclosure, quantified as the ratio of a signal received (from a transmitter) without the shield, to the signal received with the shield in place. SE is typically expressed in units of decibels. Shielding effectiveness is frequency sensitive and can exhibit sharp changes dependent on enclosure geometry

4.14**waveguide below cutoff (WBC)**

waveguide whose primary purpose is to attenuate electromagnetic waves at frequencies below the cutoff frequency (rather than propagating waves at frequencies above cutoff). The cutoff frequency is determined by the dimensions and geometry of the waveguide and the properties of the dielectric material in the waveguide structure.

For a given cross section, the shielding effectiveness provided by a waveguide is determined by the following formula:

$$SE \text{ (dB)} = 54,6 \left(\frac{1}{\lambda_c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right)^{\frac{1}{2}} L \quad (5)$$

where

λ_c is the cut-off wavelength, in metres;

λ_c is equal to $1,7 d$ (d : diameter of a circular waveguide, in metres);

λ_c is equal to $2 a$ (a : wider side, in metres, of a rectangular waveguide);

λ est la longueur d'ondes, en mètres, de la fréquence considérée, $\lambda > \lambda_c$;

L est la longueur du guide d'ondes, en mètres.

NOTE Un WBC est normalement constitué d'un tube conducteur monté à travers un trou dans une paroi conductrice d'une enveloppe, l'axe du tube étant perpendiculaire au plan de la paroi et le tube étant fixé de manière circonférentielle à la paroi autour du diamètre extérieur du tube. Il est interdit de faire passer un conducteur par le WBC.

5 Désignations des performances du blindage

Les performances de blindage minimales des enveloppes, telles qu'elles sont mesurées conformément aux procédures de l'article 6 de la présente norme, seront désignées en utilisant le code de blindage suivant. Le code de blindage a le format

EMABCDEF

Les désignations de blindage A à F définissent les performances de blindage prouvées dans chaque gamme de fréquence du tableau 1. La performance de blindage indiquée par la désignation est la valeur minimale fournie par l'enveloppe pour la gamme de fréquence indiquée.

Tableau 1 – Désignations de code de blindage EM

Gamme de fréquence	Désignation de blindage	Performance de blindage dB	Valeur de la désignation de blindage
10 kHz à 100 kHz	A	Non essayée	x
100 kHz à 1 MHz	B	<10	0
1 MHz à 30 MHz	C	≥10	1
30 MHz à 1 GHz	D	≥20	2
1 GHz à 10 GHz	E	≥30	3
10 GHz à 40 GHz	F	≥40	4
		≥50	5
		≥60	6
		≥70	7
		≥80	8
		≥100	9

Par exemple, une enveloppe avec une efficacité de blindage prouvée d'au moins 40 dB sur la plage de fréquence de 1 MHz à 10 GHz mais qui n'a pas été soumise à des essais à d'autres fréquences serait désignée comme suit:

EMxx444x

Si une enveloppe a une efficacité de blindage prouvée de 60 dB sur la plage de fréquence de 10 kHz à 30 MHz et une efficacité de blindage de 40 dB pour la plage de fréquence de 30 MHz à 10 GHz, elle serait spécifiée comme suit:

EM66644x

Si une enveloppe fournit différents degrés de protection pour différents montages prévus, les niveaux minimaux de protection mesurés doivent être indiqués en utilisant le Code EM et les degrés de protection appropriés doivent être indiqués par le constructeur de l'enveloppe dans les instructions liées aux montages respectifs.

λ is the wavelength, in metres, of the frequency of interest, $\lambda > \lambda_c$;

L is the length of the waveguide, in metres.

NOTE A WBC is typically a conducting tube mounted through a hole in a conducting wall of an enclosure, with the axis of the tube perpendicular to the plane of the wall, and the tube is circumferentially bounded to the wall around the tube outer diameter. No conductors are permitted to pass through the WBC.

5 Shielding performance designations

The minimum shielding performance of enclosures, as measured in accordance with the procedures of clause 6 of this standard, will be designated using the following shielding code. The shielding code has the format

EMABCDEF

Where the shielding designators *A* through *F* define the demonstrated shielding performance in each of the frequency bands of table 1. The shielding performance indicated by the designator is the minimum value that is provided by the enclosure for the stated frequency band.

Table 1 – EM shielding code designators

Frequency band	Shielding designator	Shielding performance dB	Shielding designator value
10 kHz – 100 kHz	<i>A</i>	Untested	x
100 kHz – 1 MHz	<i>B</i>	<10	0
1 MHz – 30 MHz	<i>C</i>	≥10	1
30 MHz – 1 GHz	<i>D</i>	≥20	2
1 GHz – 10 GHz	<i>E</i>	≥30	3
10 GHz – 40 GHz	<i>F</i>	≥40	4
		≥50	5
		≥60	6
		≥70	7
		≥80	8
		≥100	9

For example, an enclosure with a demonstrated shielding effectiveness of at least 40 dB over the frequency range from 1 MHz to 10 GHz, but which was not tested at other frequencies, would be designated as:

EMxx444x

If an enclosure has a demonstrated shielding effectiveness of 60 dB over the frequency range from 10 kHz to 30 MHz, and a shielding effectiveness of 40 dB for the frequency range from 30 MHz to 10 GHz, it would be specified as:

EM66644x

If an enclosure provides different degrees of protection for different intended mounting arrangements, the minimum measured levels of protection shall be indicated using the EM code, and the relevant degrees of protection shall be indicated by the enclosure manufacturer in the instructions related to the respective mounting arrangements.

S'il existe un nombre limité de fréquences dans une plage pour lesquelles le blindage de l'enveloppe dépasse une prescription donnée, selon l'article 6 et si l'enveloppe doit être marquée avec une valeur qui n'inclue pas ces exceptions, le Code EM doit être suivi de la lettre "T". Pour le dernier exemple donné ci-dessus, le Code EM deviendrait:

EM66644xT

L'enveloppe doit être classifiée conformément aux instructions données à l'article 8.

6 Approche générale d'essai

L'approche d'essai pour la détermination du marquage correct avec le code EM passe par l'illumination de l'enveloppe avec un signal électromagnétique incident et la mesure du signal sur l'intérieur de l'enveloppe. Deux autres mesures seront également effectuées:

- étalonnage – le même montage d'essai que pour la mesure du blindage, mais après retrait de l'enveloppe, toutes les autres conditions restant constantes;
- mesure du bruit – les mêmes conditions que pour la mesure de l'étalonnage, mais avec l'antenne de réception remplacée par une terminaison blindée pour caractériser le plancher de bruit (ou la plage de mesure) pour l'essai, qui inclue des effets du blindage électromagnétique du système de mesure. Cette mesure détermine le bruit dû à la source de signal, à l'environnement d'essai et au système de mesure.

Les essais sont effectués en utilisant cette approche pour la gamme de fréquences pour laquelle la détermination de l'efficacité de blindage de l'enveloppe est exigée. Les méthodes à utiliser varient en fonction de la fréquence pour utiliser les approches pratiques pour chaque gamme de fréquences.

Les trois gammes de fréquences concernées sont:

- gamme basses fréquences 10 kHz à 30 MHz;
- gamme moyennes fréquences 30 MHz à 1 GHz;
- gamme hautes fréquences 1 GHz à 40 GHz.

Pour la gamme des basses fréquences, on utilise des antennes cadres, alors qu'on utilise des antennes unipolaires ou doublets pour la gamme des moyennes fréquences. Les champs magnétiques et électriques, respectivement, sont mesurés dans ces deux gammes. On utilise des antennes cornets pour la gamme hautes fréquences et on mesure la puissance reçue qui est due au champ électromagnétique.

Des mesures sont nécessaires à des fréquences multiples dans chacune de ces gammes pour lesquelles les enveloppes doivent être soumises aux essais. Des mesures sont aussi nécessaires pour les différentes polarisations de l'antenne de transmission et de réception.

La détermination de l'efficacité du blindage de l'enveloppe utilisant les techniques d'essai échelonnées/balayées CW nécessite deux mesures séparées avec des montages d'équipement identiques qui sont décrits en 7.9. L'une est réalisée avec l'antenne de réception à l'intérieur de l'enveloppe en essai (balayage de «mesure»), alors que l'autre est réalisée après retrait de l'enveloppe du volume d'essai (balayage d'«étalonnage»), les antennes ayant la même orientation, et avec le même espacement que pendant le balayage de mesure. L'efficacité de blindage est le rapport ou la différence en dB, de ces deux balayages comme défini à l'article 3. Lorsque les mesures sont réalisées comme en 7.9, l'efficacité de blindage est facilement calculée comme la différence de ces deux balayages:

$$SE \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_m \text{ (dBW)} \quad (6)$$

If there are a limited number of frequencies in a band for which the enclosure shielding exceeds a given requirement, in accordance with clause 6, and the enclosure is to be marked with a value which does not include these exceptions, the EM Code shall be followed by the letter "T". For the last example given above, the EM Code would become:

EM66644xT

The enclosure shall be classified in accordance with instructions given in clause 8.

6 General test approach

The testing approach for determining the correct EM Code marking involves illumination of the enclosure with an incident electromagnetic signal and measurement of the signal on the interior of the enclosure. Two other measurements will also be made:

- calibration – the same test set-up as for the shielding measurement, but with the enclosure removed, all other conditions remaining constant;
- noise measurement – the same conditions as the calibration measurement, but with the receiving antenna replaced with a shielded termination for the purpose of characterising the noise floor (or measurement range) for the test, which includes effects of the electromagnetic shielding of the measurement system. This measurement quantifies noise due to the signal source, test environment and measurement system.

Testing is performed using this approach for the frequency range for which determination of the shielding effectiveness of the enclosure is required. The methods to be used vary as a function of frequency to utilize practical approaches for each frequency band.

The three frequency ranges addressed are:

- low frequency range 10 kHz to 30 MHz;
- mid frequency range 30 MHz to 1 GHz;
- high frequency range 1 GHz to 40 GHz.

For the low frequency range loop antennas are used, while for the mid frequency range monopole or dipole antennas are used. The magnetic and electric fields, respectively, are measured in these two ranges. Horn antennas are utilised for the high frequency range and the power received due to the electromagnetic field is measured.

Measurements are required at multiple frequencies in each of these ranges for which the enclosures shall be tested. Measurements are also required for multiple polarizations of the transmit and receive antennas.

Determination of enclosure shielding effectiveness using stepped/swept CW test techniques requires two separate measurements made with identical equipment set-ups which are described in 7.9. One is performed with the receiving antenna inside the enclosure under test (the "field measurement" sweep), while the other is performed with the enclosure removed from the test volume (the "calibration" sweep), with the antennas in the same orientation and at the same spacing used during the measurement sweep. Shielding effectiveness is the ratio, or difference in dB, of these two sweeps as defined in clause 3. When the measurements are performed as in 7.9, the shielding effectiveness is readily calculated as the difference of these sweeps:

$$SE \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_m \text{ (dBW)} \quad (6)$$

En plus de l'efficacité de blindage, il faut également prendre des données montrant la plage de mesure (MR) ou le plancher de bruit. La plage de mesure est calculée à partir d'une mesure de bruit brut et d'un balayage d'étalonnage essentiellement en remplaçant le bruit par la mesure. La procédure pour mesurer les traces de bruit est décrite en 7.9.2.3. En combinant les données d'étalonnage nominal et le niveau de bruit, on détermine la plage de mesure.

Ainsi, la plage de mesure d'essai de l'efficacité de blindage de la barrière est donnée par

$$MR \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_{\text{noise}} \text{ (dBW)} \quad (7)$$

La plage de mesure représente la valeur maximale de l'efficacité de blindage à chaque point de fréquence qui peut être mesurée. Avant de mesurer l'efficacité de blindage, la plage de mesure (PM) ou le plancher de bruit du système de mesure doit être déterminé. Cette valeur est calculée comme la différence entre la puissance P_c qui correspond à un balayage de calibration et P_{noise} qui correspond à un balayage avec une terminaison de 50 Ω substitué à l'antenne réceptrice et représentant le bruit du système de mesure. Le niveau de bruit enregistré est déterminé non seulement par les caractéristiques et les réglages des analyseurs (comme la largeur de bande de résolution), mais également par les sources électromagnétiques ambiantes dans la zone d'essai et même par l'équipement de diagnostic lui-même. Dans cette situation, les valeurs de niveau de bruit enregistrées représentent la valeur maximale d'efficacité du blindage qui peut être déduite du test et doivent être utilisées pour l'efficacité de blindage.

Pour les mesures de ce type, il peut y avoir quelquefois des variations rapides des réponses mesurées avec la fréquence. C'est la raison pour laquelle on choisit des points multiples dans chaque gamme de fréquences d'essai. Cependant, si des perturbations électromagnétiques transitoires présentant des caractéristiques relativement semblables à des perturbations de bande large (impulsions) sont attendues, l'impact d'une efficacité de blindage déficiente sur une gamme de fréquences étroite est souvent limité. Pour les cas dans lesquels l'efficacité de blindage mesurée n'est pas conforme aux prescriptions désirées, dont elle diffère de moins de 10 dB pour une seule gamme de fréquences d'une largeur inférieure à cinq pour cent (de la fréquence centrale de cette plage de fréquences unique, dans l'une des gammes de fréquences, basse, moyenne ou haute, de l'article 6), on peut déterminer que les prescriptions de la présente norme sont remplies. Si cette procédure est appliquée, les données utilisées doivent être documentées selon 7.11 et la lettre «T» doit être ajoutée au Code EM.

NOTE La CEI 61000-4-23 définit des méthodes pour des mesures *in situ* et pour des enveloppes blindées de grande dimensions.

7 Prescriptions d'essai

7.1 Conditions climatiques

A moins qu'il en soit spécifié autrement par le comité responsable d'une norme générique ou d'une norme de produit, les conditions climatiques dans le laboratoire doivent être dans les limites spécifiées pour le fonctionnement de l'EST et des matériels d'essai par les constructeurs respectifs.

Les essais ne doivent pas être réalisés si l'humidité relative est telle qu'elle cause une condensation sur l'EST ou sur les matériels d'essai.

NOTE Lorsqu'il est estimé qu'il y a une évidence suffisante pour démontrer que les effets du phénomène couverts par la présente norme sont influencés par les conditions climatiques, il convient d'en informer le comité responsable de la présente norme.

In addition to shielding effectiveness, data must also be taken which show the Measurement Range (MR) or noise floor. The measurement range is calculated from a noise measurement and a calibration sweep by essentially substituting the noise for the measurement. The procedure for measuring the noise traces is described in 7.9.2.3. By combining the nominal calibration data with the noise level the measurement range is determined.

Thus the barrier shielding effectiveness test Measurement Range is given by:

$$MR \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_{\text{noise}} \text{ (dBW)} \quad (7)$$

The measurement range represents the maximum value of shielding effectiveness at each frequency point that can be measured. Before the shielding effectiveness is measured, the measurement range (MR) or noise floor of the measurement system must be determined. This is calculated as the difference between the received power P_c in a calibration sweep and the received power P_{noise} in a sweep with a 50 Ω terminator substituted for the receive antenna (representing the measurement system noise). The recorded noise level is determined not only by the analyser's performance and settings (such as resolution bandwidth), but also by ambient electromagnetic sources in the test area and even by the diagnostic equipment itself. In this situation, the recorded noise level values represent the maximum shielding effectiveness which can be inferred from the test and shall be used for the shielding effectiveness.

For measurements of this type, there can sometimes be rapid variations of the measured responses with frequency. This is the reason for selecting multiple points within each test frequency range. However, when transient (pulse) electromagnetic disturbances are expected which are relatively broadband in nature, the impact of having a deficient shielding effectiveness over a narrow frequency range is often limited. For cases where the measured shielding effectiveness fails to meet the desired requirements by no more than 10 dB for a single frequency range which has a width that is less than five percent (of the centre frequency of this single frequency range, in any one of the low, medium or high frequency ranges of clause 6), it can be determined that the requirements of this standard have been met. If this procedure is applied, the data used shall be documented according to 7.11 and the letter "T" shall be appended to the EM code.

NOTE IEC 61000-4-23 defines methods suitable for measurements *in situ* and for large shielding enclosures.

7 Testing requirements

7.1 Climatic conditions

Unless otherwise specified by the committee responsible for the generic or product standard, the climatic conditions in the laboratory shall be within any limits specified for the operation of the EUT and the test equipment by their respective manufacturers.

Tests shall not be performed if the relative humidity is so high as to cause condensation on the EUT or the test equipment.

NOTE Where it is considered that there is sufficient evidence to demonstrate that the effects of the phenomenon covered by this standard are influenced by climatic conditions, this should be brought to the attention of the committee responsible for this standard.

7.2 Echantillons

Les échantillons d'enveloppes pour chaque essai doivent être propres et neufs.

La norme de produit applicable aux enveloppes doit spécifier des détails comme le nombre d'échantillons à soumettre aux essais. En l'absence d'une telle spécification, l'utilisateur de l'enveloppe doit fournir les détails.

NOTE Comme les performances des enveloppes, en particulier dans les hautes fréquences, peuvent être affectées par des erreurs dans le processus de fabrication (par exemple l'efficacité des liaisons à la terre, des joints à charnière pour les parties métalliques, etc.), il est recommandé de tester quelques échantillons représentatifs; il convient que ces échantillons soient pris dans les lots de production sur une base statistique suivant des procédures reconnues et des règles d'échantillonnage.

7.3 Prescriptions d'analyse

Il n'existe pas de prescriptions d'analyses à effectuer avant les essais quelle que soit la technique d'efficacité de blindage. Une analyse simple après les essais pour donner les valeurs d'efficacité de blindage et la plage de mesure est exigée (voir 7.10) en utilisant les formules présentées aux articles 3 et 6.

7.4 Choix de la fréquence d'essai

La gamme de fréquences désirée pour la classification suivant le code EM doit être divisée en gammes de fréquences définies à l'article 6 pour les essais. Pour chaque segment de gamme de fréquence, basse fréquence, moyenne fréquence et haute fréquence, on doit essayer sur l'ensemble de la gamme pour un certain nombre de points séparés par des espaces d'une valeur égale à moins de un pour cent (1 %) de la gamme de fréquences.

La mesure d'un nombre de points de fréquences évite les questions de savoir s'il y a eu succès ou échec sur la base du choix des fréquences d'essai. En comparant plusieurs points d'essai, le changement relatif à différentes fréquences peut vraiment donner des informations sur l'endroit où le blindage a un défaut si la performance est déficiente.

Pour la plage des moyennes fréquences et en particulier pour la plage des hautes fréquences, les enveloppes peuvent être résonnantes. Les effets potentiels de telles résonances sur les prescriptions d'essai et l'interprétation des résultats seront examinés. Pour une enveloppe, la fréquence de résonance la plus faible sera de l'ordre de ou inférieure à

$$f_{r_{low}} \text{ (Hz)} \approx 1,5 \times 10^8 \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}} \quad (8)$$

où «a» et «b» (en mètres) sont les deux dimensions intérieures les plus grandes (hauteur, largeur et profondeur) de l'enveloppe.

Si les essais ne sont pas réalisés dans un volume blindé fermé (par exemple une chambre anéchoïque blindée ou une autre chambre blindée), il faut que le fonctionnement de l'émetteur soit autorisé par l'organisation de contrôle autorisée. L'autorisation de fonctionnement peut être exigée et l'émission à certaines fréquences peut être limitée. Si de telles limitations sont nécessaires, il faut que les essais soient terminés à des fréquences comprises dans les quinze pour cent des points d'extrémité inférieur et supérieur de la bande de fréquences pour satisfaire les prescriptions pour le marquage du code EM pour la bande de fréquences concernée; les points restants seront espacés logarithmiquement sur les portions non limitées de la bande. Si les essais ne peuvent pas être achevés pour un segment de bande dépassant trente pour cent de la largeur de la bande de fréquences pour une désignation donnée (voir article 5), alors le code EM ne peut pas être appliqué pour cette bande de fréquences (un «x» doit être entré).

7.2 Test samples

The enclosure test samples for each test shall be clean and new.

The relevant product standard for the enclosure shall specify details such as the number of samples to be tested. In the absence of such specification, the user of the enclosure shall supply the details.

NOTE As the shielding performances of the cabinets, especially in the high frequency range, can be affected by deviation in the manufacturing process (e.g. bonding efficiency, hinged joints of metallic parts, etc.) it is recommended that some representative samples be tested; these samples should be selected from the production lots on a statistical basis according to consolidated procedures and rules for sampling plans.

7.3 Analysis requirements

There are no pretest analytic requirements for any of the shielding effectiveness techniques. Simple post-test analysis, to generate the shielding effectiveness values and the measurement range, is required (see 7.10) using the formulae discussed in clauses 3 and 6.

7.4 Test frequency selection

The desired frequency range for the EM Code classification shall be divided into the frequency ranges defined in clause 6 for testing. For each low-, mid- or high-frequency range segment, frequency points, across the range, shall be tested with a spacing of the points not to exceed one percent (1 %) of the frequency.

Measurement of a number of frequency points avoids questions of having passed or failed based on the selection of test frequencies. By comparing several test points, the relative change at different frequencies can actually provide information on where the shielding is failing if performance is deficient.

For the mid-frequency range and particularly for the high-frequency range the enclosures may be resonant. The potential effects of such resonances on test requirements and the interpretation of results will need to be considered. For an enclosure, the lowest resonance frequency will be on the order of or lower than

$$f_{r_{\text{low}}} (\text{Hz}) \approx 1,5 \times 10^8 \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}} \quad (8)$$

where “a” and “b” (in metres) are the two largest internal dimensions (height, width and depth) of the enclosure.

If the tests are not performed in an enclosed shielded volume (e.g., a shielded anechoic chamber or other shielded chamber), transmitter operation must be authorised by the applicable regulatory organisation. Approval for operation may be required and emission at some frequencies may be restricted. If such restrictions are necessary, testing must be completed at frequencies within fifteen percent of the lower and upper endpoints of the frequency band in order to satisfy the requirements for the EM code marking for that frequency band; remaining points will be logarithmically spaced over the non-restricted portions of the band. If testing cannot be completed for any segment of the band exceeding thirty percent of the width of the frequency band for a given designator (see clause 5), then the EM code cannot be applied for that frequency band (an “x” shall be entered).

7.5 Définition de la matrice d'essai

La matrice d'essai doit inclure des mesures pour chacune des gammes de fréquences et pour chacun des points de fréquences exigés en 7.4.

- Des données doivent être obtenues pour chacune des deux polarisations de l'antenne d'émission dans le plan parallèle à la surface de l'enveloppe la plus proche.
- Des données doivent être obtenues pour trois orientations d'enveloppe par rapport à l'antenne d'émission. Ceci doit inclure les cas où les surfaces de l'enveloppe qui contiennent les ouvertures (pour la ventilation, les interrupteurs, les voyants lumineux, les connecteurs, etc.) font face à l'antenne d'émission. Si de telles ouvertures se situent sur plus de trois côtés de l'enveloppe, tous ces côtés doivent être soumis aux essais.
- Des données doivent être prises avec les antennes d'émission et de réception situées
 - a) au centre, sur la surface exposée de l'enveloppe si elle fait moins de 2,5 m × 2,5 m, ou une exposition pour chaque segment de 2,5 m × 2,5 m de la surface, et
 - b) directement sur chaque ouverture (porte, panneau d'accès, etc.) sur le côté exposé de l'enveloppe.

Il n'y a pas d'exigence en matière de moyennage de la trace mais on peut utiliser ce procédé pour étendre la plage de mesure (en réduisant le bruit). S'il est utilisé, ce doit être avec tous les balayages (étalonnage, mesure et bruit). En général, les données des points d'essai seront affichées sous forme de graphique X-Y de la fréquence et de l'amplitude (en ignorant la phase) de la plage de mesure et de l'efficacité de blindage.

7.6 Prescriptions pour l'équipement d'essai

Les prescriptions applicables à l'équipement d'essai nécessaire pour les mesures de l'efficacité du blindage de l'enveloppe sont indiquées au tableau 2. Noter que les sorties de l'amplificateur pour ces essais doivent être adaptées aux capacités de courant et de puissance des coupleurs et des antennes utilisés dans chaque cas.

7.7 Prescriptions de sécurité

Il n'existe pas de prescriptions spécifiques au-delà des prescriptions de sécurité normales de laboratoire pour la manipulation à faible puissance r.f., les chocs électriques ou les problèmes de levage.

Pour tous les essais effectués conformément à la présente norme, on doit prendre soin de protéger le personnel contre les risques r.f. On doit également prendre soin d'éviter les interférences avec d'autres équipements électroniques fonctionnant à proximité.

Tableau 2 – Prescriptions pour un équipement type pour les essais destinés à évaluer l'efficacité de blindage d'une enveloppe

Analyseur de réseau ou générateur asservi et analyseur de spectres	Nécessaire pour couvrir la plage de 10 kHz à 40 GHz (ou une plage encore plus limitée pour remplir les prescriptions désirées) avec une gamme dynamique et une caractéristique de bruit pour permettre les mesures exigées
Antennes	Cadres (à une ou plusieurs spires, de ~0,3 m de diamètre pour les plus petites ou jusqu'à 50 % de la plus petite dimension de l'enveloppe à soumettre aux essais, plage minimale de 10 kHz à 100 MHz ou une plage encore plus limitée pour répondre aux prescriptions désirées) Doublets (pour les fréquences de 0,1 GHz à 1 GHz ou une plage plus limitée pour répondre aux prescriptions désirées). Toute conception peut être utilisée, qui émet/reçoit aux fréquences désirées avec des caractéristiques adéquates pour la conformité avec les prescriptions de gamme dynamique Cornets (pour les fréquences de 1 GHz à 40 GHz ou une plage plus limitée pour répondre aux prescriptions désirées)
Amplificateurs	Comme prescrit pour obtenir les niveaux de signaux requis; rejet d'harmonique ≥15 dB
Câbles	L'efficacité de blindage des câbles et connecteurs doit être supérieure aux niveaux de marquage désirés pour l'enveloppe sur la gamme de fréquence à essayer

7.5 Test matrix definition

The test matrix is to include measurements for each of the frequency ranges and frequency points required in 7.4.

- Data shall be obtained for each of the two polarisations of the transmitting antenna in the plane parallel to the nearest enclosure surface.
- Data shall be obtained for three enclosure orientations with respect to the transmitting antenna. This shall include cases where surfaces of the enclosure which contain openings (for ventilation, switches, indicator lights, connectors, etc.) are facing the transmitting antenna. If such openings are located on more than three sides of the enclosure, all such sides shall be tested.
- Data are to be taken with the transmitting and receiving antennas located
 - a) centred on the exposed enclosure surface if less than 2,5 m × 2,5 m, or one exposure for every 2,5 m × 2,5 m segment of the surface, and
 - b) directly over each aperture (door, access panel, etc.) in the exposed side of the enclosure.

No trace averaging is required but it may be used to enhance the measurement range (by lowering noise). If used, trace averaging shall be used on all sweeps (calibration, measurement and noise). Test point data will usually be displayed as an X-Y plot of the frequency and amplitude (ignoring the phase) of the measurement range and shielding effectiveness.

7.6 Test equipment requirements

Test equipment required for the enclosure shielding effectiveness measurements is shown in table 2. Note that the amplifier outputs for these tests shall be consistent with the current and power capabilities of the couplers and antennas used in each case.

7.7 Safety requirements

There are no special requirements beyond the standard laboratory safety requirements of handling low power r.f., electrical shock or lifting considerations.

For all testing performed in compliance with this standard, care shall be taken to protect personnel from r.f. hazards. Care shall also be taken to avoid interference with other electronic equipment operating in the vicinity.

Table 2 – Enclosure shielding effectiveness typical test equipment requirements

Network analyser or tracking generator and spectrum analyser	Required to cover range of 10 kHz to 40 GHz (or a more limited range to match the desired requirements) with dynamic range and noise performance to permit required measurements
Antennas	Loops (single or multiturn, smallest of ~0,3 m diameter or up to 50 % of the smallest dimension of the enclosure to be tested, minimum range of 10 kHz to 100 MHz, or a more limited range to match the desired requirements) Dipoles (for frequencies of 0,1 GHz – 1 GHz, or a more limited range to match the desired requirements). Any design can be used which radiates/receives at the desired frequencies with adequate performance for compliance with dynamic range requirements. Horns (for frequencies of 1 GHz – 40 GHz, or a more limited range to match the desired requirements)
Amplifiers	As required to achieve the required signal levels; harmonic rejection ≥15 dB
Cables	Shielding effectiveness of cables and connectors shall be greater than the desired marking levels for the enclosure over the frequency range to be tested

7.8 Prescriptions pour le plan d'essai

Il est recommandé d'établir un plan d'essai global avec des procédures d'essai détaillées pour les essais d'efficacité de blindage de l'enveloppe. Le plan d'essai doit inclure au minimum les points indiqués ci-dessous:

- a) une indication des objectifs des essais;
- b) l'identification et la description de l'enveloppe soumise aux essais. Toute déviation par rapport aux conditions attendues pendant une utilisation normale doit être notée;
- c) la liste des points d'entrée (PoE);
- d) l'identification de la ou des gammes de fréquences d'essai;
- e) l'identification de l'équipement d'essai par le constructeur;
- f) les côtés de l'EST à soumettre directement au rayonnement;
- g) la polarisation et l'emplacement des échantillons (antennes réceptrices);
- h) la description de la matrice d'essais planifiée;
- i) toute divergence par rapport aux prescriptions de la présente norme;
- j) la gestion des données, y compris les données d'étalonnage et de mesure contrôle qualité/acceptabilité des données, conservation des archives de données et critères d'acceptation;
- k) les précautions de sécurité.

Si un de ces points est déjà inclus dans les procédures du laboratoire ou dans les manuels donnant les règles de sécurité, il peut être inclus dans le plan d'essai en faisant référence à ces manuels, sans qu'il soit nécessaire de le répéter dans son intégrité.

7.9 Caractéristiques des essais

7.9.1 Montage d'essai

Il est admis d'utiliser différents montages d'essai pour chacune des gammes de fréquences d'essai. L'essai doit être effectué dans l'une des conditions suivantes:

Option 1: L'enveloppe soumise à l'essai et l'antenne d'émission doivent être placées dans une chambre blindée. Les parois de la chambre doivent être recouvertes d'un matériau absorbant pour les fréquences d'essai supérieures à 10 MHz. La chambre doit avoir des dimensions (à l'intérieur du matériau absorbant) qui soient au moins égales à trois fois les dimensions extérieures de l'objet soumis aux essais.

Option 2: L'enveloppe soumise à l'essai et l'antenne d'émission doivent être placées dans un volume d'exposition ouvert, soit à l'intérieur d'une structure soit à l'extérieur, en l'absence de structures conductrices dans un rayon de 5 m autour de l'enveloppe soumise aux essais ou de l'antenne d'émission.

L'uniformité de champ à l'emplacement de la surface frontale de l'enveloppe soumise aux essais doit être de ± 3 dB (en l'absence de l'enveloppe soumise aux essais).

Des remarques complémentaires sur les options d'exposition sont données à l'annexe C.

L'enveloppe non reliée à la terre qui est soumise aux essais doit être placée sur un socle non conducteur. La hauteur de ce socle doit être de 0,8 m. Si l'enveloppe est suffisamment grande pour que cet emplacement à une hauteur de 0,8 m présente un risque, alors il est permis de réduire cette hauteur à 0,1 m.

7.8 Test plan requirements

It is recommended that an overall test plan with detailed test procedures be prepared for the enclosure shielding effectiveness tests. As a minimum, the test plan shall include the following:

- a) a statement of test objectives;
- b) identification and description of enclosure under test. Any deviations from expected conditions during normal use must be noted;
- c) a list of ports-of-entry (PoE);
- d) identification of test frequency range(s);
- e) test equipment identification by manufacturer;
- f) the sides of the EUT to be directly radiated;
- g) polarisation and location of the probes (receiving antennas);
- h) description of the planned test matrix;
- i) any deviations from requirements of this standard;
- j) data management, including calibration and measurement data quality control/data acceptability, preservation of data records, and pass/fail criteria;
- k) safety precautions.

To the extent that any of these items are included in existing laboratory procedures or safety manuals, they may be included in the Test Plan by reference to these manuals and need not be repeated in full.

7.9 Test performance

7.9.1 Test set-up

Different test set-ups may be used for each of the test frequency ranges. The test shall be conducted under one of the following conditions:

Option 1: The enclosure under test and the transmitting antenna shall be placed in a shielded chamber. The walls of the chamber shall be covered with absorbing material for test frequencies greater than 10 MHz. The chamber shall have dimensions (inside of the absorbing material) of at least three times the outer dimensions of the object under test.

Option 2: The enclosure under test and the transmitting antenna shall be located in an open exposure volume, either indoor or outdoor, where there are no conducting structures within 5 m of the enclosure under test or the transmitting antenna.

The field uniformity at the location of the front surface of the enclosure under test shall be ± 3 dB (in the absence of the enclosure under test).

Additional discussion on exposure options is provided in annex C.

The ungrounded enclosure under test shall be placed on a non-conducting support stand. The height of the stand shall be 0,8 m. If the enclosure is sufficiently large that elevation to a height of 0,8 m presents a safety hazard, then the height may be reduced to 0,1 m.

Les connexions à fibres optiques ne sont pas exigées mais elles sont vivement recommandées. Les câbles câblés doivent être placés le plus loin possible de l'antenne de source et des câbles d'alimentation. Des blindages de haute qualité (gaine solide ou au moins double tresse) sont exigés sur tous les câbles. L'efficacité de blindage de ces câbles doit être d'au moins 10 dB supérieure (à toutes les fréquences à soumettre aux essais) à celle exigée pour l'enveloppe soumise aux essais. La longueur du câble de réception, et en particulier la section exposée aux champs, doit être strictement réduite. Toutes les traversées et tous les connecteurs doivent être choisis pour leurs caractéristiques r.f. On préfère les connecteurs filetés aux autres types de connecteurs dans la mesure où leur impédance de transfert présente une meilleure compatibilité avec celle des câbles utilisés.

Des mesures de bruit sont obtenues en utilisant les procédures décrites sous 7.9.2.1, où l'emplacement de l'antenne de transmission est déterminé. L'emplacement doit être compatible pour toutes les mesures.

Les mesures d'efficacité de blindage sont décrites en 7.9.2.2. La procédure de calibration est décrite en 7.9.2.3.

L'antenne de réception à l'intérieur de l'enveloppe sera située près du centre du volume. L'antenne ne touchera aucune des parois de l'enveloppe. Il est exigé que les essais soient effectués pour les orientations de base (polarisations) définies en 7.5. Cependant, il est recommandé que d'autres polarisations et d'autres emplacements de l'antenne soient également utilisés pour les essais pour obtenir une assurance supplémentaire que l'enveloppe remplira les prescriptions désirées.

Si des câbles conducteurs sont utilisés pour extraire le signal de l'enveloppe soumise aux essais, il est autorisé soit qu'il sorte par un connecteur monté dans la paroi de l'enveloppe, soit que le blindage du câble soit soudé de manière circonférentielle à la paroi de l'enveloppe au point de sortie. Dans le cas de câbles à fibres optiques, ceux-ci doivent sortir par un guide d'ondes en régime évanescent (voir 4.14). Un défaut dans le traitement correct de la sortie de ces câbles de l'enveloppe pourrait conduire à une réduction des caractéristiques de blindage mesurées.

7.9.1.1 Gamme des basses fréquences (10 kHz à 30 MHz)

Les mesures à tous les emplacements sont effectuées avec des cadres dans le même plan (coplanaires). L'antenne (interne) de réception est orientée avec une polarisation parallèle à l'antenne d'émission à une distance de 30 cm de la surface de l'enveloppe (si la taille de l'enveloppe le permet). L'antenne d'émission est située à une distance de 30 cm à l'extérieur de l'enveloppe. La taille du cadre est de 30 cm de diamètre lorsque cela est faisable et moins lorsque cela est nécessaire pour s'adapter aux petites enveloppes. La taille de cadre maximale exigée à l'intérieur de l'enveloppe ne doit pas dépasser 90 % de la dimension minimale de l'enveloppe. Les cadres multispères peuvent être utilisés pour augmenter les puissances de signal. Si on utilise des cadres multispères, il faut que ce soit dans les traces d'étalonnage, de mesure et de bruit. En cas d'exigence d'une valeur différente pour l'espacement et la taille, il faut que la mesure et l'étalonnage du bruit soient effectués avec le même montage d'essai.

Le montage d'essai préférentiel est représenté à la figure 1 pour le cas de l'option 1 de 7.9.1. Si l'approche de l'option 2 est utilisée, il n'y a pas de chambre blindée. Les prescriptions pour le positionnement des antennes sur la surface sont données en 7.5. L'instrument de mesure est monté à l'intérieur de la boîte blindée et isolé par une liaison à fibres optiques. Si nécessaire, la liaison à fibres optiques peut être remplacée par une connexion câblée avec un connecteur r.f. circonférentiel de traversée, de haute qualité, disposé sur la barrière (voir figure 2). Les antennes cadres sont indiquées comme exemples dans les figures. La borne «R» de l'analyseur de réseau est la sortie de la source, la borne «A» est pour le signal réfléchi et la borne «B» pour le signal transmis dans une mesure d'atténuation normale.

Un amplificateur r.f. pour le signal d'émission couvrant la plage de la fréquence d'essai peut être exigé pour fournir une plage de mesure dépassant la prescription d'efficacité de blindage de 10 dB. Pour le cas de la figure 2 où les fibres optiques ne sont pas utilisées, cet amplificateur pourrait se situer à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre blindée.

Fibre optic connections are not required but are strongly recommended. Hardwire cables shall be run as far as possible from the source antenna and its feed cables. High quality shields (solid jacketed or at least double braid) are required on all cables. The shielding effectiveness of these cables shall be at least 10 dB greater (at all frequencies to be tested) than that to be required for the enclosure under test. The receiving cable length, especially the section exposed to the fields, shall be strictly minimised. All feedthroughs and connectors shall be chosen for their r.f. characteristics. Threaded connectors are preferred over other types of connectors as their transfer impedance is more compatible with that of the cables used.

Noise measurements are obtained using the measurement range procedures of 7.9.2.1, where the transmitting antenna location is determined. The location should be consistent for all measurements.

Shielding effectiveness measurements are described in 7.9.2.2. The calibration procedure is described in 7.9.2.3.

The receiving antenna inside the enclosure will be located near the centre of the volume. The antenna will not contact any wall of the enclosure. It is required that the testing be performed for the polarisations defined in 7.5. However, it is recommended that other polarisations and antenna locations also be used in the testing to further assure that the enclosure will meet the desired requirements.

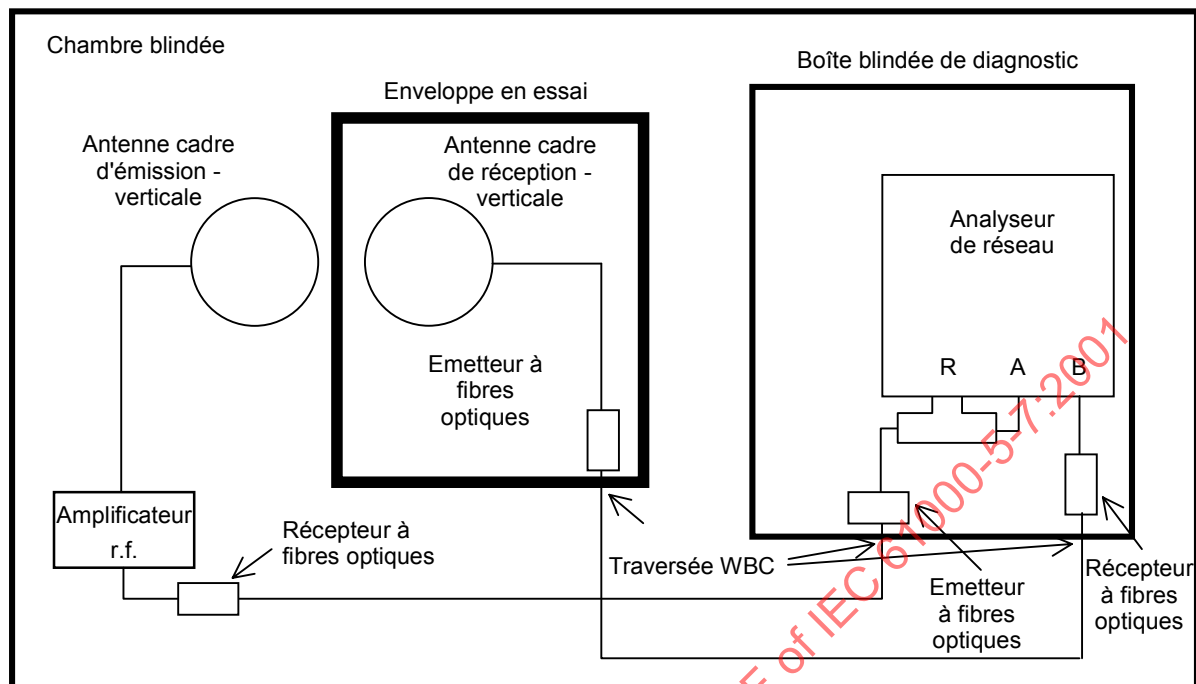
If conducting cables are used to extract the signal from the tested enclosure, it may either exit through a connector mounted in the enclosure wall, or the shield of the cable may be circumferentially bonded to the enclosure wall at the point of exit. If fibre optical cables are used, they shall exit through a waveguide below cutoff (see 4.14). Failure to properly treat the exit of these cables from the enclosure could result in a reduction in the measured shielding performance.

7.9.1.1 Low frequency range (10 kHz to 30 MHz)

Measurements at all locations are made with the loops in the same plane (coplanar). The receiving (inside) antenna is oriented with polarisation parallel to the transmitting antenna at a distance of 30 cm from the enclosure surface (if permitted by the enclosure size). The transmitting antenna is located at a distance 30 cm outside of the enclosure. The loop size is 30 cm in diameter where feasible and smaller as necessary to fit in small enclosures. The maximum required loop size inside of the enclosure shall be no more than 90 % of the area of the enclosure wall with the smallest area. Multiturn loops can be used to increase the signal strengths. If multiturn loops are used they must be used in calibration, measurement and noise traces. If a different spacing or size is required the noise measurement and calibration must be conducted with the same test set-up.

The preferred test set-up is shown in figure 1 for the case of option 1 of 7.9.1. If the approach of option 2 is used, a shielded chamber is not present. Requirements for positioning the antennas over the surface are given in 7.5. The measuring instrument is mounted inside the screened box and further isolated via a fibre optic link. If necessary the fibre optic link can be replaced with a hard wired connection with a high quality circumferential RF connector feedthrough on the screened box (see figure 2). Loop antennas are indicated as examples in the figures. The "R" terminal of the network analyser is the source output, the "A" terminal is for the reflected signal and the "B" terminal is for the transmitted signal in a normal attenuation measurement.

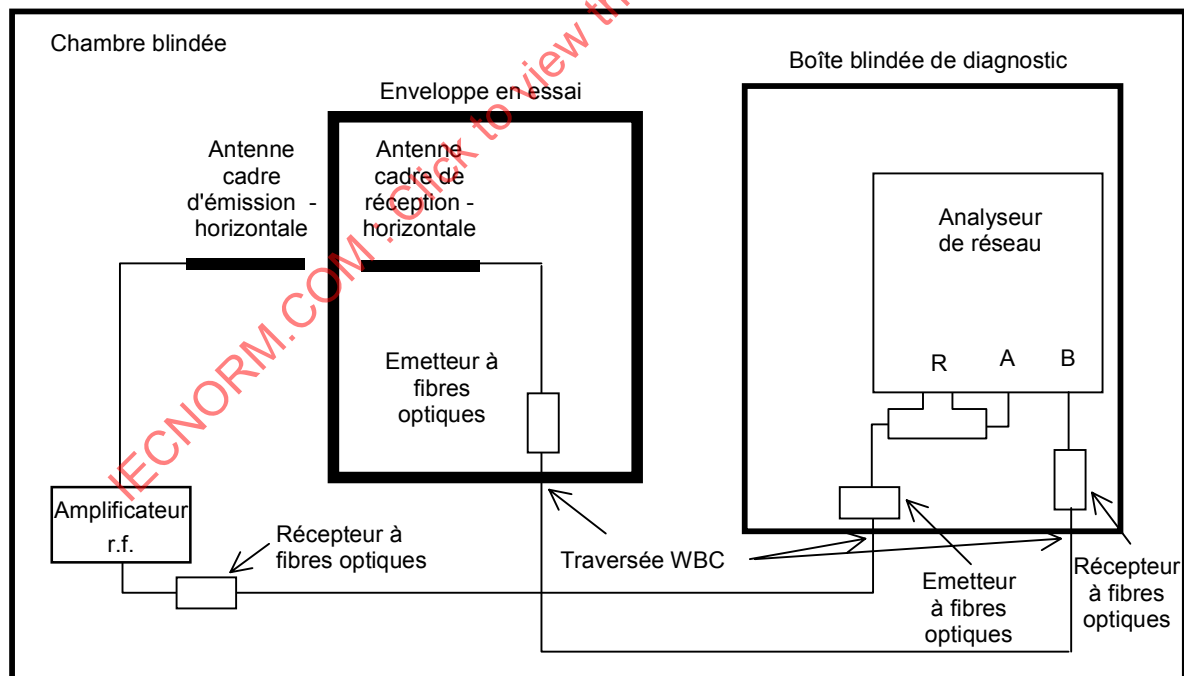
An r.f. amplifier for the transmitted signal covering the test frequency range may be required to provide a measurement range exceeding the shielding effectiveness requirement by 10 dB. For the case of figure 2 where fibre optics are not used, this amplifier could be located inside or outside of the shielded chamber.



IEC 2496/2000

NOTE Pas à l'échelle. Le matériau absorbant est utilisé sur les parois de la chambre. L'enveloppe est placée sur un support comme défini en 7.9.1.

Figure 1a – Antennes cadres à polarisation verticale

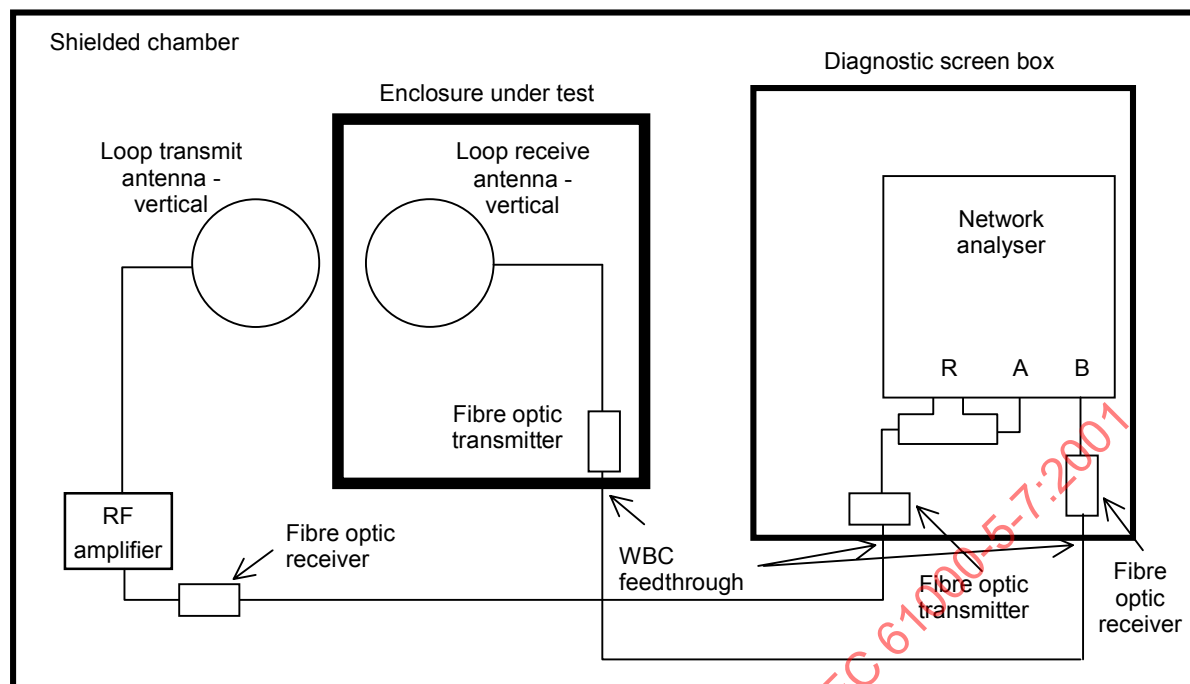


IEC 2497/2000

NOTE Pas à l'échelle. Le matériau absorbant est utilisé sur les parois de la chambre. L'enveloppe est placée sur un support comme défini en 7.9.1.

Figure 1b – Antenne cadre à polarisation horizontale

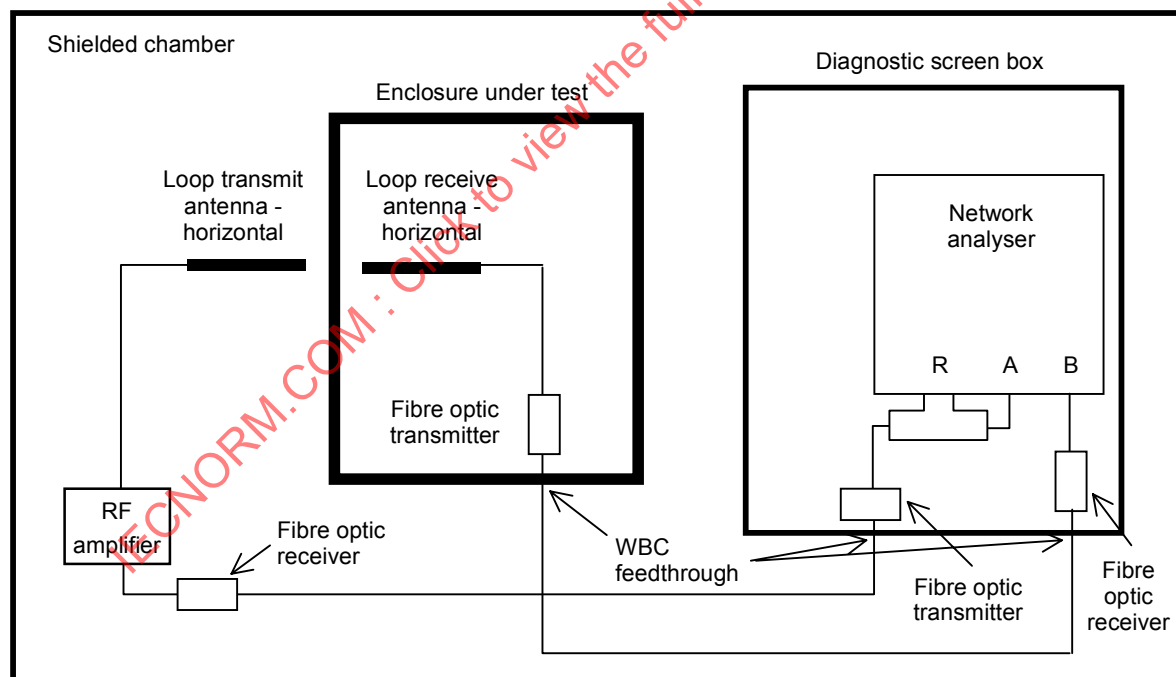
Figure 1 – Montage d'essai de l'efficacité de blindage pour la gamme des basses fréquences – fibres optiques



IEC 2496/2000

NOTE Not to scale. Absorbing material is used on the chamber walls. Enclosure to be supported as defined in 7.9.1.

Figure 1a – Vertical loop polarisation

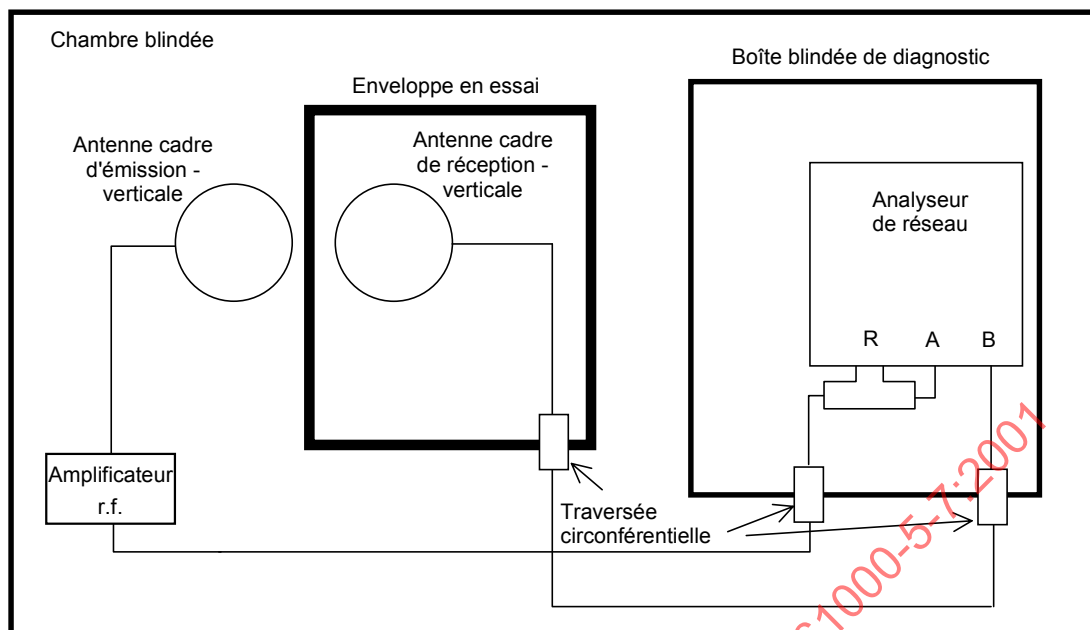


IEC 2497/2000

NOTE Not to scale. Absorbing material is used on the chamber walls. Enclosure to be supported as defined in 7.9.1.

Figure 1b – Horizontal loop polarisation

Figure 1 – Shielding effectiveness test set-up for low-frequency range – fibre optic



IEC 2498/2000

NOTE Pas à l'échelle. Le matériau absorbant est utilisé sur les parois de la chambre. L'enveloppe est placée sur un support comme défini en 7.9.1.

Figure 2 – Montage d'essai de l'efficacité de blindage pour la gamme des basses fréquences – câblé (les polarisations multiples doivent être utilisées comme à la figure 1)

7.9.1.2 Gamme des moyennes fréquences (30 MHz à 1 GHz)

La procédure de mesure pour la gamme des moyennes fréquences est la même que pour la gamme des basses fréquences, les antennes cadres étant remplacées par des antennes électriques unipolaires ou doublets pour mesurer le champ électrique. Des informations complémentaires pour le choix de l'antenne sont fournies à l'annexe D.

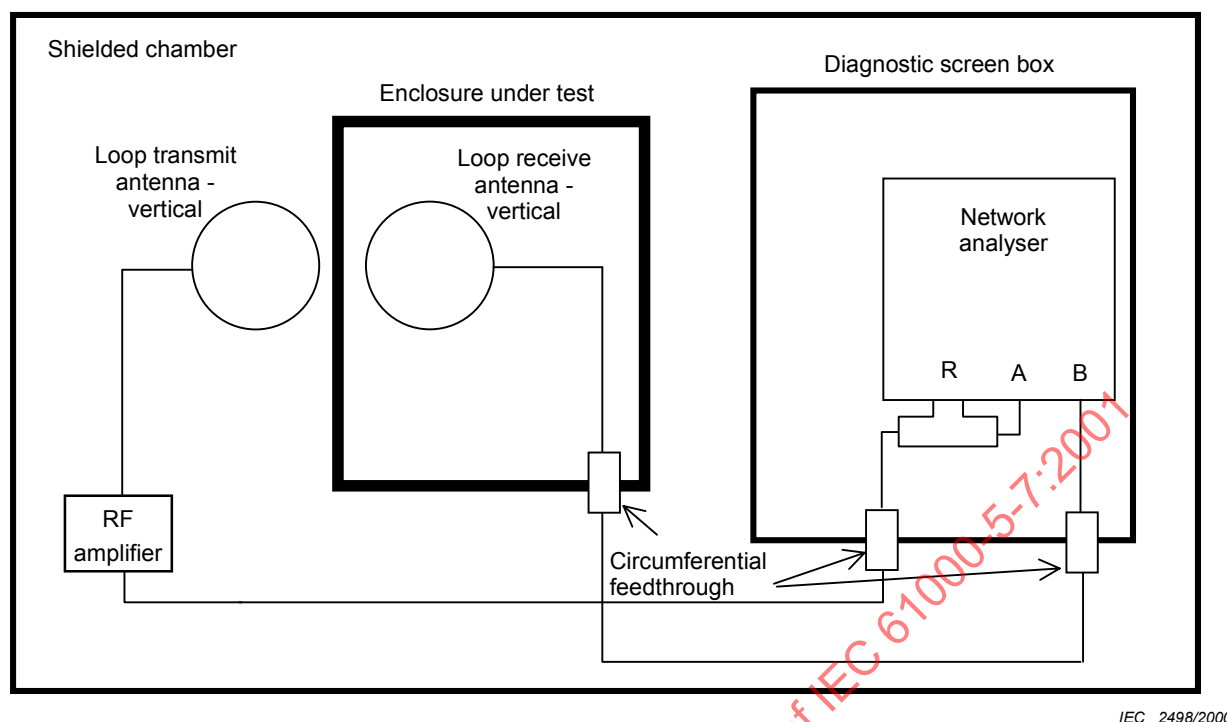
L'antenne doublet d'émission doit avoir un gain qui corresponde ou dépasse celui d'un doublet demi-onde adapté, à toutes les fréquences d'essai à utiliser. Par exemple, une antenne log-périodique pourrait être acceptable pour cet usage. L'antenne d'émission ne doit pas être placée à une distance inférieure à deux longueurs d'ondes ou 2,5 m (entre les deux, on choisit la valeur la plus petite) de l'enveloppe soumise aux essais. Le câble d'antenne d'émission doit être perpendiculaire au doublet qui lui est proche.

L'antenne de réception doit être montée 30 cm à l'intérieur de la paroi de l'enveloppe, à l'opposé de l'antenne d'émission. La taille de l'antenne de réception ne doit pas être supérieure à $1/8$ de la longueur d'onde à la plus faible fréquence en essai. Le câble qui va vers l'antenne de réception doit être perpendiculaire à l'axe du doublet électrique sauf dans les régions très proches des parois de l'enveloppe.

7.9.1.3 Gamme des hautes fréquences (1 GHz à 40 GHz)

La procédure de mesure pour la gamme des hautes fréquences est la même que pour la gamme des moyennes fréquences, les antennes doublets étant remplacées par un guide d'ondes ouvert et des antennes cornets. Dans ce cas, la puissance est mesurée à la place du champ électrique.

L'antenne d'émission doit être de type guide d'ondes ouvert, avec une largeur de faisceau à 3 dB en champ lointain de 50° à 60° ou suffisante pour illuminer l'enveloppe soumise aux essais (ou jusqu'à une zone de $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$) avec une uniformité de l'intensité qui est définie dans la CEI 61000-4-3 («Calibration du champ»). L'antenne doit être montée à une distance minimale de 2 m de la paroi de l'enveloppe. Il convient d'utiliser un isolateur entre la source et



IEC 2498/2000

NOTE Not to scale. Absorbing material is used on the chamber walls. Enclosure to be supported as defined in 7.9.1.

Figure 2 – Shielding effectiveness test set-up for low-frequency range – hardwired (multiple polarisations are to be used as in figure 1)

7.9.1.2 Mid frequency range (30 MHz to 1 GHz)

The measurement procedure for the mid frequency range is the same as for the low frequency range, with the loop antennas replaced by electric monopole or dipole antennas so that the electric field is measured. Additional information on antenna selection is provided in annex D.

The transmitting dipole antenna(s) shall have a gain which meets or exceeds that of a matched half-wave dipole at all test frequencies to be used. For example, a log periodic antenna could be acceptable for this purpose. The transmitting antenna shall be no closer than two wavelengths or 2.5 m (whichever is less) to the enclosure under test. The transmitting antenna cable shall be perpendicular to the dipole in its vicinity.

The receiving antenna shall be mounted 30 cm inside of the enclosure wall, opposite the transmitting antenna. The receiving antenna shall be no more than 1/8 of a wavelength in size at the lowest frequency under test. The cable to the receiving antenna shall be perpendicular to the axis of the electric dipole except in regions very close to the walls of the enclosure.

7.9.1.3 High frequency range (1 GHz to 40 GHz)

The measurement procedure for the high frequency range is the same as for the mid frequency range, with the dipole antennas being replaced by open waveguide and horn antennas. For this case, power is measured instead of the electric field.

The transmitting antenna shall be of an open-waveguide type, having a 3 dB far-field beam-width of 50° to 60°, or sufficient to illuminate the tested enclosure (or up to a 2,5 m × 2,5 m area) with intensity uniformity as required by IEC 61000-4-3 ("Calibration of field"). The antenna shall be mounted at a distance of 2 m or more from the enclosure wall. An isolator

l'antenne pour assurer une sortie de puissance constante, indépendamment de la configuration de mesure. Cet isolateur ne doit pas avoir plus d'1 dB de perte d'insertion directe et doit présenter une réjection minimale de 20 dB de l'onde réfléchie.

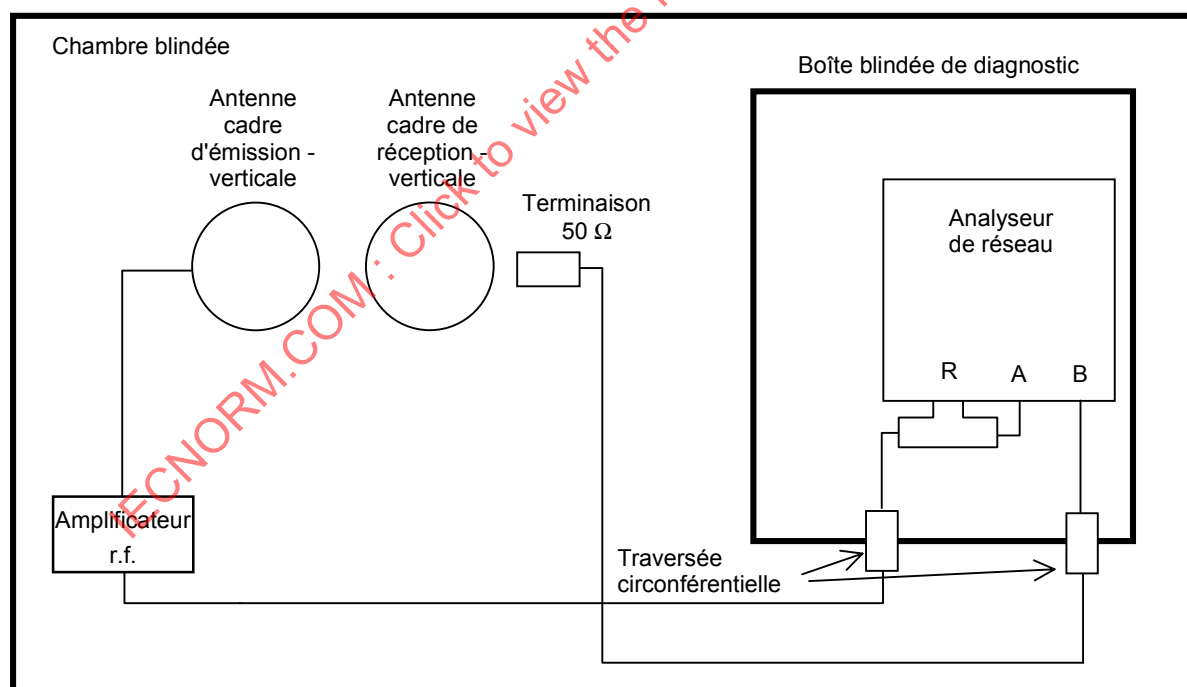
L'antenne de réception doit être de type à cornet, qui donne une largeur de faisceau en champ lointain d'environ 30°. L'antenne doit être montée à 30 cm de la paroi intérieure de l'enveloppe. La sortie de l'antenne doit être connectée à un câble coaxial à faible perte (pour les fréquences à essayer), avec une efficacité de blindage supérieure à celle attendue pour l'enveloppe soumise aux essais. Lorsque cela est réalisable, des essais doivent être réalisés pour au moins deux orientations orthogonales de l'antenne de réception dans l'enveloppe; on recommande de tenir compte des résultats sur trois orientations. Le résultat des essais pour l'enveloppe doit montrer l'efficacité de blindage la plus basse qui ait été enregistrée. Pour les petites enveloppes, le comité de produit concerné peut autoriser l'utilisation de types alternatifs d'antennes/de détecteurs de réception. L'approche de mesure doit rester la même.

7.9.2 Essais

Les essais de plage de mesure (bruit), d'efficacité de blindage et d'étalonnage doivent être réalisés conformément aux prescriptions suivantes.

7.9.2.1 Détermination de la plage de mesure

Les mesures de plage d'essai ou de niveau de bruit doivent être exécutées pour chaque configuration d'essai et pour chaque point en fréquence à tester en conformité avec 7.9.2.2, mais avec le câble qui va vers l'antenne de réception déconnecté et avec une terminaison blindée adaptée (d'une valeur nominale de 50 Ω) connectée au câble (figure 3). L'antenne sera dans la même position que celle utilisée pour les essais de mesure du champ (7.9.2.2).



IEC 2499/2000

NOTE Pas à l'échelle. Un matériau absorbant est utilisé sur les parois de la chambre.

Figure 3 – Exemple de montage d'essai d'étalonnage pour les essais dans la gamme des basses fréquences

On doit utiliser des équipements, des antennes, des câbles et des réglages d'équipement identiques (sauf les réglages des atténuateurs dont il faut tenir compte) pour les mesures de champ et d'étalonnage.

should be used between the source and antenna to ensure constant power output regardless of the measurement configuration. This isolator shall not have more than 1 dB forward insertion loss and shall exhibit a rejection of at least 20 dB of the reflected wave.

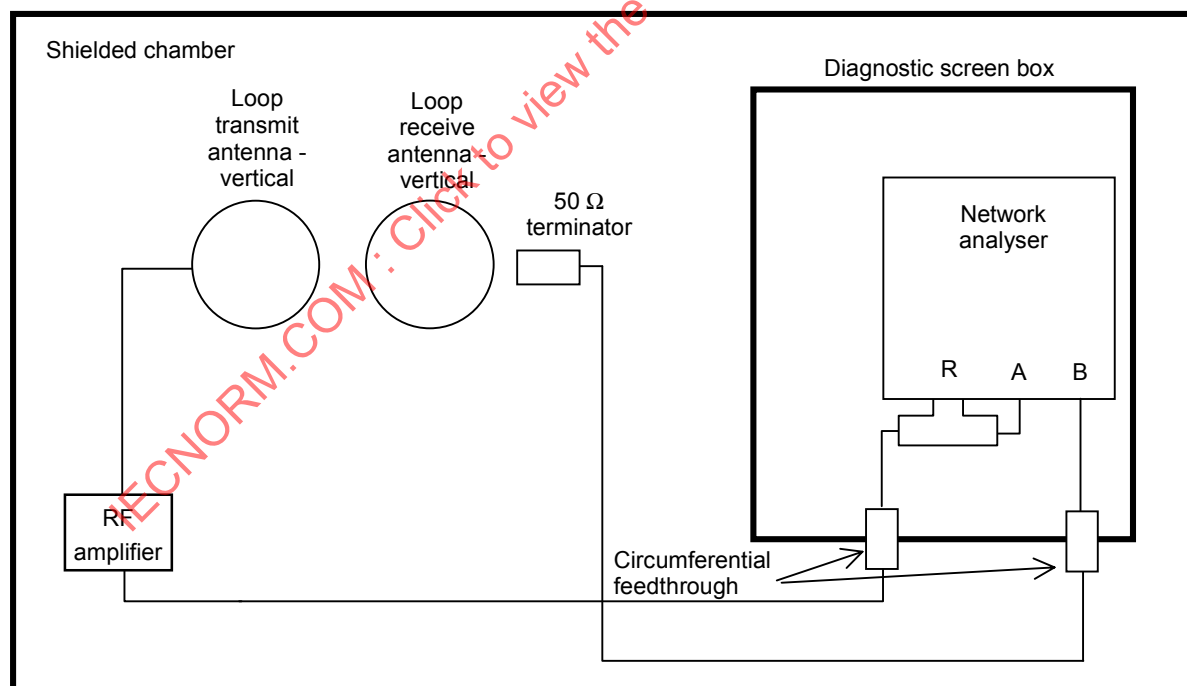
The receiving antenna shall be of a horn antenna type, which provides a far-field beam width of approximately 30°. The antenna shall be mounted 30 cm from the interior enclosure wall, opposite the transmitting antenna. The output of the antenna shall be connected to a low-loss (for the frequencies to be tested) coaxial cable, with a shielding effectiveness greater than that expected for the enclosure under test. When practical, tests shall be completed for at least two orthogonal orientations of the receive antenna in the enclosure; results for three orientations are recommended. The reported result for the enclosure shall show the least shielding effectiveness which is recorded. For small enclosures, the enclosure product committee may authorise use of alternative types of receiving antennas/detectors. The measurement approach shall remain the same.

7.9.2 Testing

Measurement range (noise), shielding effectiveness and calibration tests shall be completed in accordance with the following requirements.

7.9.2.1 Determination of measurement range

The measurement range (MR) or noise level measurements shall be completed for each test set-up and frequency point to be tested in accordance with 7.9.2.2, but with the cable to the receiving antenna disconnected and a shielded matched termination (nominally 50 Ω) connected to the cable (figure 3). The antenna will be in the same location to be used for the field measurement tests (7.9.2.2).



IEC 2499/2000

NOTE Not to scale. Absorbing material is used on the chamber walls.

Figure 3 – Example noise measurement configuration for low-frequency range testing

Identical equipment, antennas, cables, and equipment settings (except attenuator settings, which must be accounted for) shall be used in the field measurement and calibration sequences.

7.9.2.2 Mesure du champ qui pénètre dans l'enveloppe

Le montage d'essai est représenté aux figures 1 et 2.

La trace de mesure du champ est composée de la sortie de l'antenne de réception référencée à la sortie de l'analyseur. La figure 1 n'utilise le montage à fibres optiques qu'à titre d'exemple. Le montage utilisé pour la trace de mesure du champ doit également être utilisé pour déterminer la plage de mesure (bruit) et l'étalonnage. La gamme de mesure et l'efficacité de blindage doivent être comparées aux caractéristiques désirées comme décrit à l'article 6. Si l'efficacité de blindage mesurée est inférieure à l'efficacité de blindage désirée, un essai à fréquence fixe, où l'enveloppe en essai est orientée dans différentes positions par rapport à l'antenne de réception, peut être réalisé à la fréquence du cas le moins satisfaisant indiquée dans les essais de polarisation fixe pour aider à isoler le problème.

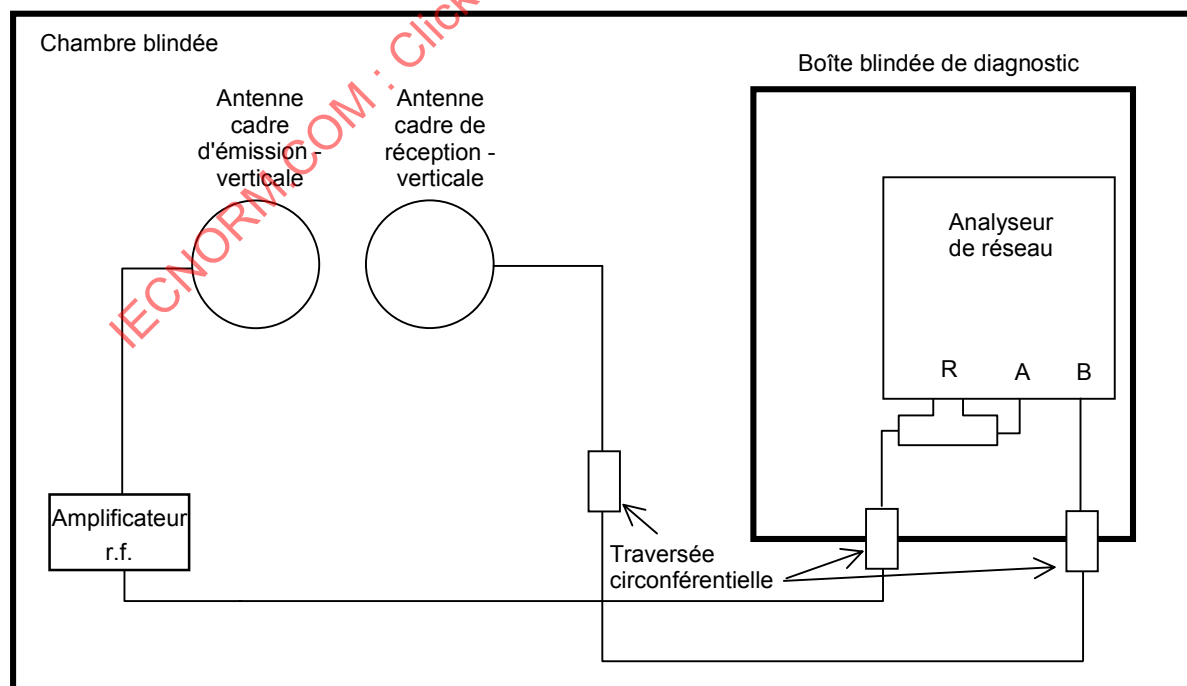
Les gains de puissance et d'amplificateur doivent être choisis pour assurer la gamme dynamique dépassant l'efficacité de blindage maximale spécifiée de 10 dB ou plus.

7.9.2.3 Procédure d'étalonnage

Les essais d'étalonnage doivent être réalisés pour chaque montage de mesure de champ des 7.5 et 7.9.1 devant être soumis aux essais conformément à 7.9.2.2. La position relative (séparation et orientation) des antennes doit être la même que pour les procédures de mesure du bruit et du champ mais après retrait de l'enveloppe (voir exemple à la figure 4). Les gains de puissance et d'amplificateur doivent être choisis pour assurer une gamme dynamique dépassant l'efficacité de blindage maximale spécifiée de 10 dB ou plus. Comme pour la figure 2, l'amplificateur r.f. peut être situé à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre blindée si des câbles conducteurs sont utilisés.

Les traces d'étalonnage doivent être utilisées pour déterminer l'efficacité de blindage et la plage de mesure comme cela est décrit à l'article 6.

Pendant l'étalonnage, aucun équipement ou autre réflecteur électromagnétique (sauf la terre) ne doit être situé à une distance inférieure à trois fois la séparation antenne-antenne ou à la hauteur de l'antenne, selon la valeur la plus élevée.



IEC 2500/2000

NOTE Pas à l'échelle. Un matériau absorbant est utilisé sur les parois de la chambre.

Figure 4 – Exemple de configuration de mesure d'étalonnage pour les essais à basse fréquence

7.9.2.2 Measurement of the field which penetrates the enclosure

The test set-up is shown in figures 1 and 2.

The field measurement trace consists of the receiving antenna output referenced to the analyser output. Figure 1 uses the fibre optic setup as an example only. The setup used for the field measurement trace shall also be used for the measurement range (noise) and calibration measurements. The measurement range and shielding effectiveness shall be compared to the desired performance as described in clause 6. If the measured shielding effectiveness is less than the desired shielding effectiveness, a fixed-frequency test can be performed in which the enclosure under test is orientated at different positions relative to the receiving antenna, at the worst-case frequency indicated in the fixed polarisation tests to help isolate the problem.

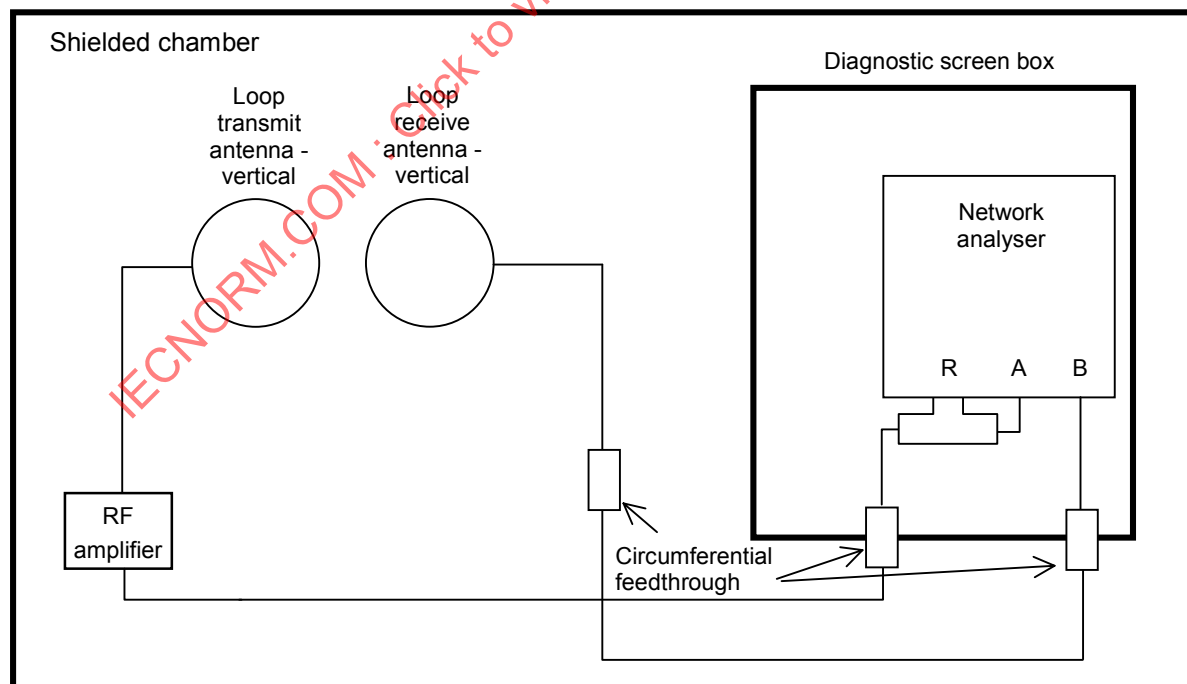
The power and amplifier gains shall be chosen to ensure dynamic range exceeding the maximum specified shielding effectiveness by 10 dB or more.

7.9.2.3 Calibration procedure

Calibration tests shall be performed for each field measurement setup of 7.5 and 7.9.1 which are tested in accordance with 7.9.2.2. The relative position (separation and orientation) of the antennas shall be the same as for the noise and field measurement procedures but with the enclosure removed (see example in figure 4). The power and amplifier gains shall be chosen to ensure measurement range exceeding the maximum specified shielding effectiveness by 10 dB or more. As for figure 2, the r.f. amplifier may be located inside or outside of the shielded chamber if conducting cables are used.

Calibration traces shall be used to determine the shielding effectiveness and measurement range as described in clause 6.

During the calibration, no equipment or other electromagnetic reflectors (except ground) shall be closer than three times the antenna-to-antenna separation or antenna height, whichever is greater.



IEC 2500/2000

NOTE Not to scale. Absorbing material is used on the chamber walls.

Figure 4 – Example calibration test set-up for low-frequency range testing

7.10 Conclusions des essais

L'enveloppe peut être marquée ou désignée avec le Code de Blindage de l'article 5 de la présente norme si la performance de blindage, pour chaque gamme de fréquences désignée, répond aux caractéristiques exigées pour ce chiffre, ou les dépasse. Ceci exige des comparaisons de l'efficacité de blindage mesurée et de la plage de mesure pour l'enveloppe avec les prescriptions pour l'efficacité de blindage désirée (Code EM).

A chaque point d'essai, l'efficacité de blindage (calculée comme décrit à l'article 6) est comparée aux codes de performance de blindage (voir tableau 1) pour chacune des polarisations d'antenne d'émission source et chaque polarisation et emplacement d'antenne de réception.

La spécification des prescriptions générales pour les essais et des conditions d'acceptation pour les équipements contenant des trous de drainage ou des ouvertures de ventilation est de la responsabilité des utilisateurs de l'enveloppe.

7.11 Documentation d'essai

Un rapport d'essai doit être établi. Le rapport d'essai doit contenir au moins les informations suivantes.

- a) un plan d'essais ou une référence à un plan d'essais (voir 7.8);
- b) une identification de l'équipement d'essai par un numéro de série;
- c) les emplacements des points d'essai avec identification et orientations d'antenne;
- d) l'efficacité de blindage et la plage de mesure montrant l'efficacité de blindage et la plage de mesure en fonction de la fréquence pour chaque point d'essai;
- e) la matrice des séries d'essais, identifiant le numéro d'essai, le type, l'emplacement d'essai et les conclusions d'essai;
- f) une liste et l'examen de toute divergence par rapport aux prescriptions de la présente norme.

Si ces points sont inclus dans un rapport existant, ils peuvent être inclus par référence à ce document.

8 Classification

Le Code EM tel qu'il est défini à l'article 5 doit être utilisé pour classer la qualité de l'enveloppe. Un marquage qui correspond à la classification du code EM doit être appliqué en concordance avec des Normes Produit d'enveloppes. Comme la qualité de blindage de l'enveloppe peut changer à cause de modifications ou de l'installation de l'équipement, les marquages doivent être appliqués soit de manière permanente ou de façon à pouvoir être enlevés (par exemple des étiquettes autocollantes détachables). Tout marquage doit être lisible et doit indiquer «IEC 61000-5-7» directement sous le Code EM.

Lorsqu'une partie d'une enveloppe a parties multiples a un degré d'efficacité de blindage différent d'une autre partie de la même enveloppe, des marquages doivent être appliqués séparément à chaque partie de l'enveloppe.

7.10 Test conclusions

The enclosure can be marked or otherwise designated with the shielding code of clause 5 of this standard if the shielding performance, across each designated frequency range, meets or exceeds the required performance for that numeral. This requires comparisons of the measured shielding effectiveness and the measurement range for the enclosure with the requirements for the desired shielding effectiveness (EM Code).

At each test point, the shielding effectiveness (calculated as described in clause 6) is compared to the shielding performance codes (see table 1) for each of the source transmitting antenna polarisations and receiving antenna polarisations and locations.

The specification of the general requirements for tests and the acceptance conditions for equipment containing drain-holes or ventilation openings is the responsibility of the users of the enclosure.

7.11 Test documentation

A test report shall be prepared for the test(s). As a minimum the test report shall contain the following information:

- a) test plan or reference to the test plan (see 7.8);
- b) test equipment identification by serial number;
- c) test point locations with identification and antenna orientations;
- d) test shielding effectiveness and measurement range showing shielding effectiveness and measurement range versus frequency for each test point;
- e) test series matrix, identifying test number, type, test location, and test conclusions;
- f) a list and discussion of any deviations from the requirements of this standard.

To the extent that any of these items are included in an existing report, they may be included by reference to that document.

8 Classification

The EM Code as defined in clause 5 shall be used to classify the performance of the enclosure. EM Code classification markings shall be applied in accordance with relevant enclosure Product Standards. Since the shielding performance of the enclosure may change due to modifications and equipment installation, the markings may be applied either permanently or so that the markings may be removed (e.g., removable adhesive labels). Any applied markings should be legible and should include "IEC 61000-5-7" directly below the EM Code.

When one part of a multiple part enclosure has a different degree of shielding effectiveness than that of another part of the same enclosure, markings should be applied separately to each part of the enclosure.