

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1726**

Première édition
First edition
1995-05

**Câbles, cordons, connecteurs et composants
hyperfréquence passifs –
Mesure de l'atténuation d'écran par la méthode
de la chambre réverbérante**

**Cable assemblies, cables, connectors and
passive microwave components –
Screening attenuation measurement by
the reverberation chamber method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1726: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3
TECHNICAL
REPORT – TYPE 3**

**CEI
IEC
1726**

Première édition
First edition
1995-05

**Câbles, cordons, connecteurs et composants
hyperfréquence passifs –
Mesure de l'atténuation d'écran par la méthode
de la chambre réverbérante**

**Cable assemblies, cables, connectors and
passive microwave components –
Screening attenuation measurement by
the reverberation chamber method**

© CEI 1995 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Description de base de la méthode en chambre réverbérante	8
3 Mesure de l'atténuation d'écran d'un composant	10
4 Description du système de test	10
4.1 La chambre réverbérante	10
4.2 Le variateur de mode	10
4.3 Les antennes	10
4.4 Equipement de test	12
4.5 Composant sous test	14
4.6 Dispositifs de liaison	14
5 Procédure de mesure	14
5.1 Généralités	14
5.2 Mesure du composant sous test	16
5.3 Mesure des pertes d'insertion de la cavité	16
5.4 Vérification du système de test	18
5.5 Vitesse de rotation du variateur de mode	20
5.6 Fréquence de tests	20
5.7 ROS des composants, câbles et dispositifs sous test	20
6 Evaluation des résultats de test	22
6.1 Atténuation d'écran	22
6.2 Relation entre les paramètres d'impédance de transfert et l'atténuation d'écran	22
6.3 Champ électromagnétique dans l'environnement du composant sous test ..	24
7 Documents de référence	24
 Annexes	
A Description de la chambre réverbérante	26
B Le variateur de mode	28
C Exemple de calibreur	32
D Relation entre l'impédance de transfert et l'atténuation d'écran	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Basic features of the reverberation chamber method	9
3 Measurement of DUT screening attenuation	11
4 Test set-up description	11
4.1 The reverberation chamber	11
4.2 The mode stirrer	11
4.3 The antennas	11
4.4 Test equipment	13
4.5 Device under test	15
4.6 Linking devices	15
5 Measurement procedure	15
5.1 General	15
5.2 Measurement of the DUT	17
5.3 Measurement of the insertion loss of the cavity	17
5.4 Control of the test set-up	19
5.5 Revolution speed of the mode stirrer	21
5.6 Test frequencies	21
5.7 VSWR of components, cables and DUT	21
6 Evaluation of the test results	23
6.1 Screening attenuation	23
6.2 Relation between transfer impedance parameters and screening attenuation	23
6.3 Electromagnetic field in the surrounding of the DUT	25
7 Reference documents	25
Annexes	
A Design of the reverberation chamber	27
B The mode stirrer	29
C Example of calibrator	33
D Relation between transfer impedance and screening attenuation	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES, CORDONS, CONNECTEURS ET COMPOSANTS HYPERFRÉQUENCE PASSIFS – MESURE DE L'ATTÉNUATION D'ÉCRAN PAR LA MÉTHODE DE LA CHAMBRE RÉVERBÉRANTE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE ASSEMBLIES, CABLES, CONNECTORS AND
PASSIVE MICROWAVE COMPONENTS –
SCREENING ATTENUATION MEASUREMENT BY THE
REVERBERATION CHAMBER METHOD**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization 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 organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 1726, rapport technique de type 3, a été établie par le sous-comité 46A: Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
46A(BC)174	46A(BC)177

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

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

INTRODUCTION

Les exigences des composants électroniques modernes nécessitent la mesure de l'efficacité d'écran des composants hyperfréquence dans toute leur bande de fréquence d'utilisation. Des méthodes de tests adaptées existent pour les basses fréquences et pour les composants de formes extérieures régulières. Elles sont bien décrites dans les publications de la CEI. Une nouvelle méthode de test était nécessaire pour les hautes fréquences et pour les composants de formes extérieures irrégulières.

IEC 1726, which is a technical report of type 3, has been prepared by sub-committee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, and accessories for communication and signalling.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
46A(CO)174	46A(CO)177

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

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

INTRODUCTION

The requirements of modern electronic equipment demand for testing screening attenuation of microwave components in their whole frequency range. Convenient test methods exist for low frequencies and regularity shaped components. They are well described in IEC publications. A new test method was needed for higher frequencies and for irregularly shaped components.

Withholding

CÂBLES, CORDONS, CONNECTEURS ET COMPOSANTS HYPERFRÉQUENCE PASSIFS – MESURE DE L'ATTÉNUATION D'ÉCRAN PAR LA MÉTHODE DE LA CHAMBRE RÉVERBÉRANTE

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique décrit la méthode en chambre réverbérante appelée également quelquefois méthode à variateur de mode. Elle convient pour pratiquement n'importe quel type de composants hyperfréquences et n'a, en théorie, pas de limitation vers les hautes fréquences. Elle est simplement limitée vers les fréquences basses par la taille de l'équipement d'essai.

2 Description de base de la méthode en chambre réverbérante

La méthode en chambre réverbérante est utilisée pour la mesure de l'efficacité d'écran des composants hyperfréquence. Elle consiste à exposer le composant sous test à un champ électromagnétique quasiment homogène et isotrope et à mesurer le signal résiduel dans le composant.

Pour cela, on utilise une cage de Faraday qui fonctionne comme une cavité surdimensionnée en terme de longueur d'ondes et qui présente un facteur de qualité élevé. Ses conditions aux limites sont continuellement perturbées par une surface réfléchissante en rotation appelée variateur de mode, montée à l'intérieur de la chambre, et qui permet d'approcher les conditions d'homogénéité et d'isotropie du champ électromagnétique durant chacune de ses révolutions.

Le signal électromagnétique est injecté à l'intérieur de la chambre au moyen d'une antenne d'injection.

Une antenne de référence permet de mesurer l'intensité du champ électromagnétique à l'intérieur de la chambre. La perte d'insertion de la cavité est le rapport entre la puissance injectée (antenne d'injection) et la puissance reçue (antenne de référence). Elle dépend fortement de la fréquence. Elle dépend également du facteur de qualité de la cavité.

Il a été montré, qu'à cause de l'isotropie du champ, toute antenne placée à l'intérieur de la cavité se comporte comme si son gain était égal à l'unité [1]*. On n'observe donc aucun effet directionnel. L'atténuation d'écran des composants électriquement courts peut être reliée directement aux paramètres habituels de l'impédance de transfert (Z_t et Z_r). Lorsque le composant n'est plus électriquement court, son efficacité d'écran peut encore être reliée à Z_t et Z_r dans quelques cas simples (fuite uniformément répartie ou fuite distribuée de manière périodique). Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser des fonctions de sommation dérivées de la théorie des réseaux d'antennes.

* Les chiffres entre crochets renvoient à l'article 7, Documents de référence.

CABLE ASSEMBLIES, CABLES, CONNECTORS AND PASSIVE MICROWAVE COMPONENTS – SCREENING ATTENUATION MEASUREMENT BY THE REVERBERATION CHAMBER METHOD

1 Scope

This technical report describes the reverberation chamber method, sometimes named mode stirred chamber, suitable for virtually any type of microwave component and having no theoretical upper limit. It is only limited toward low frequencies by the size of the test equipment.

2 Basic features of the reverberation chamber method

The reverberation chamber method for the measurement of microwave components screening attenuation consists of exposing the device under test (DUT) to an almost homogeneous and isotropic electromagnetic field and measuring the signal level induced into it.

These conditions are achieved by the use of a shielded enclosure which acts as an over-sized cavity (in terms of wavelength) with a high quality factor. Its boundary conditions are continuously perturbed by a rotating reflective surface (mode stirrer), mounted within the chamber, which enables to approach the conditions of homogeneity and of isotropy of the field during one of its revolutions.

Electromagnetic power is fed to the chamber means of an input or transmitting antenna.

The strength of the field inside the chamber is measured through a reference antenna. The ratio of the injected power (input antenna) to the received power (reference antenna) is the insertion loss of the cavity. It is strongly frequency dependent. It also depends on the quality factor of the cavity.

It has been shown that, due to the isotropy of the field, any antenna placed inside the cavity behaves as if its gain was unity [1]*. Thus, no directional effect is to be expected. If the device under test is electrically short, its screening attenuation can be directly related to usual transfer parameters (Z_t and Z_r). If the device under test is not electrically short, it can still be related to Z_t and Z_r in some simple cases (evenly distributed leakages, periodically distributed leakages) using summing functions derived from antenna network theory.

* Figures in square brackets refer to clause 7, Reference documents.

3 Mesure de l'atténuation d'écran d'un composant

Pour mesurer l'atténuation d'écran d'un composant, on compare la puissance du champ électromagnétique dans l'environnement du composant à celle induite à l'intérieur du composant. L'efficacité d'écran est alors définie comme:

$$a_s = -10 \log (P_{DUT}/P_{REF}) \quad (1)$$

ou bien:

$$a_s = -10 \log (P_{DUT}/P_{INJ}) - \Delta_{ins} \quad (2)$$

où

P_{DUT} est la puissance couplée au composant sous test;

P_{REF} est la puissance couplée à l'antenne de référence;

P_{INJ} est la puissance injectée à l'intérieur de la cavité;

Δ_{ins} sont les pertes d'insertion de la cavité en dB.

4 Description du système de test

4.1 La chambre réverbérante

La chambre réverbérante est une cage de Faraday qui a n'importe quelle forme, excepté le fait que sa plus petite dimension doit être plus grande que trois longueurs d'onde à la fréquence minimum de test. Pour optimiser les performances aux fréquences les plus basses, il est conseillé d'éviter les formes parfaitement cubiques. Les parois sont constituées d'un matériau conducteur (cuivre, aluminium ou acier). La cage ne doit pas contenir de matériaux dissipatifs.

La fréquence maximale d'utilisation de la cage dépend uniquement de son efficacité d'écran à la fréquence la plus élevée, qui doit toujours excéder 60 dB. Il faut noter que cette valeur n'est pas critique si l'analyseur de spectre et les dispositifs de connexion de l'équipement de mesure sont suffisamment bien blindés et si le facteur de qualité de la cavité reste suffisamment élevé. Pour contrôler le facteur de qualité, on vérifie que, durant une révolution du variateur de mode, le rapport entre les puissances maximale et minimale obtenues sur l'antenne de référence reste supérieur à 20 dB. Au minimum, la chambre de test et l'instrumentation devront avoir, à chaque fréquence, une efficacité d'écran combinée supérieure d'au moins 10 dB à celle exigée pour le composant sous test.

Quatre passages coaxiaux sont percés dans la cage de Faraday: deux pour les sorties des antennes et deux pour les sorties de la boucle de mesure. Pour plus de détails on se référera à l'annexe A.

4.2 Le variateur de mode

Le variateur de mode doit être grand par rapport à la longueur d'onde et doit former un angle par rapport aux murs de la cage de Faraday. Le variateur de mode doit mesurer au moins deux longueurs d'onde de pointe à pointe à la fréquence de test la plus basse. L'annexe B décrit une construction possible du variateur de mode.

4.3 Les antennes

La chambre réverbérante comporte une antenne d'injection et une antenne de référence. Ces deux antennes devront présenter peu de résonance dans la bande de fréquence et ne doivent pas être dissipatives. Leur coefficient de réflexion doit être meilleur que 6 dB.

3 Measurement of DUT screening attenuation

The measurement of screening attenuation is based on the comparison of the electromagnetic field power outside the DUT to the electromagnetic field power induced into the DUT. The screening attenuation is then defined as:

$$a_s = -10 \log (P_{\text{DUT}}/P_{\text{REF}}) \quad (1)$$

or:

$$a_s = -10 \log (P_{\text{DUT}}/P_{\text{INJ}}) - \Delta_{\text{ins}} \quad (2)$$

where

P_{DUT} is the power coupled to the device under test;

P_{REF} is the power coupled to the reference antenna;

P_{INJ} is the power injected into the cavity;

Δ_{ins} is the insertion loss of the cavity in dB.

4 Test set-up description

4.1 The reverberation chamber

The reverberation chamber is a shielded enclosure having any shape except that its smallest dimension must exceed three wavelengths at the lowest test frequency. Perfectly cubic shape should be avoided for optimum performance at lower frequencies. It shall be made of conductive materials (copper, aluminium or steel) and shall not contain lossy materials.

Its upper frequency limit only depends on its screening attenuation, which should exceed 60 dB for the whole frequency range. Note that this value is not critical if the spectrum analyser and the connecting devices of the test set-up are sufficiently screened and if the quality factor of the cavity remains sufficiently high. The quality factor can be checked in verifying that during one revolution of the mode stirrer, the ratio between the maximum and the minimum power at the output of the reference antenna exceeds 20 dB. As a minimum, the test chamber and the test instrumentation shall have a combined screening attenuation at each test frequency that is 10 dB greater than the screening requirement of the DUT.

The shielded enclosure is drilled with four coaxial feedthrough: two for the output of antennas and two for the output of the measuring loop. For further details see annex A.

4.2 The mode stirrer

The mode stirrer should be large with respect to wavelength and be bent at angles to the walls of the chamber. The mode stirrer should be at least two wavelengths from tip to tip at the lowest test frequency. A possible mode stirrer is described in annex B.

4.3 The antennas

The reverberation chamber is equipped with the input and reference antennas. Both antennas shall present limited resonances in the frequency range and shall not be lossy. Their return loss should be better than 6 dB.