

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61967-6

Première édition
First edition
2002-06

**Circuits intégrés –
Mesure des émissions électromagnétiques,
150 kHz à 1 GHz –**

**Partie 6:
Mesure des émissions conduites –
Méthode de la sonde magnétique**

**Integrated circuits –
Measurement of electromagnetic emissions,
150 kHz to 1 GHz –**

**Part 6:
Measurement of conducted emissions –
Magnetic probe method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61967-6:2002

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**

61967-6

Première édition
First edition
2002-06

**Circuits intégrés –
Mesure des émissions électromagnétiques,
150 kHz à 1 GHz –**

**Partie 6:
Mesure des émissions conduites –
Méthode de la sonde magnétique**

**Integrated circuits –
Measurement of electromagnetic emissions,
150 kHz to 1 GHz –**

**Part 6:
Measurement of conducted emissions –
Magnetic probe method**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	10
4 Généralités	10
4.1 Philosophie de la mesure	10
4.2 Principe de mesure	12
5 Conditions d'essai	12
5.1 Généralités	12
5.2 Gamme de fréquences	12
6 Equipement d'essai	12
6.1 Généralités	12
6.2 Sonde magnétique	12
6.3 Fixation et placement de la sonde	12
7 Montage d'essai	18
7.1 Généralités	18
7.2 Etalonnage de la sonde	18
7.3 Modifications de la carte d'essai CI normalisée	18
7.3.1 Disposition des couches	18
7.3.2 Epaisseur de couche	18
7.3.3 Condensateurs de découplage	18
7.3.4 Charge de broche d'E/S	20
8 Procédure d'essai	28
8.1 Généralités	28
8.2 Technique d'essai	28
9 Rapport d'essai	28
9.1 Généralités	28
9.2 Documentation	28
Annexe A (normative) Procédure d'étalonnage de la sonde – Méthode de la ligne microruban	32
Annexe B (informative) Principe de mesure et facteur d'étalonnage	38
Annexe C (informative) Résolution spatiale de la sonde magnétique	46
Annexe D (informative) Structure d'angle pour placement de la sonde	48
Bibliographie	50
Figure 1 – Sonde magnétique	14
Figure 2 – Première et troisième couches de la sonde magnétique	14
Figure 3 – Deuxième couche de la sonde magnétique	16
Figure 4 – Sonde magnétique – Construction des couches	16
Figure 5 – Carte d'essai CI normalisée (vue en coupe 1)	20
Figure 6 – Carte d'essai CI normalisée (vue en coupe 2 – ligne de mesure)	20

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 General	11
4.1 Measurement philosophy.....	11
4.2 Measurement principle	13
5 Test conditions	13
5.1 General	13
5.2 Frequency range	13
6 Test equipment.....	13
6.1 General	13
6.2 Magnetic probe	13
6.3 Probe spacing fixture and placement.....	13
7 Test set-up	19
7.1 General	19
7.2 Probe calibration	19
7.3 Modifications to standardized IC test board	19
7.3.1 Layer arrangement	19
7.3.2 Layer thickness	19
7.3.3 Decoupling capacitors	19
7.3.4 I/O pin loading	21
8 Test procedure	29
8.1 General	29
8.2 Test technique.....	29
9 Test report.....	29
9.1 General	29
9.2 Documentation	29
Annex A (normative) Probe calibration procedure – Microstrip line method	33
Annex B (informative) Measurement principle and calibration factor.....	39
Annex C (informative) Spatial resolution of magnetic probe	47
Annex D (informative) Angle pattern of probe placement.....	49
Bibliography.....	51
Figure 1 – Magnetic probe	15
Figure 2 – Magnetic probe 1st and 3rd layers	15
Figure 3 – Magnetic probe 2nd layer	17
Figure 4 – Magnetic probe – layer construction.....	17
Figure 5 – Standardized IC test board (sectional view 1).....	21
Figure 6 – Standardized IC test board (sectional view 2 – measurement line).....	21

Figure 7 – Structure de ligne de puissance sur la carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure.....	22
Figure 8 – Impression de ligne de signal E/S sur la carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure.....	24
Figure 9 – Lignes multiples de puissance sur carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure.....	24
Figure 10 – Montage de mesure	26
Figure 11 – Schéma de circuit de mesure	26
Figure 12 – Constante de transfert pour le calcul du courant en fonction de l'épaisseur de l'isolant de la carte à microruban	30
Figure A.1 – Vue en coupe de la ligne à microruban pour étalonnage	32
Figure A.2 – Montage de mesure pour l'étalonnage de la sonde.....	36
Figure B.1 – Vue en coupe de la ligne à microruban	38
Figure B.2 – Mesure de la sortie de la sonde magnétique	42
Figure B.3 – Exemple de facteur d'étalonnage pour la sonde magnétique spécifiée aux figures 1, 2, 3 et 4	44
Figure C.1 – Schéma pour la mesure d'une distribution de champ magnétique	46
Figure C.2 – Distribution de champ magnétique à travers la ligne à microruban (800 MHz)	46
Figure D.1 – Schéma de mesure d'une structure d'angle de placement de sonde.....	48
Figure D.2 – Sortie de sonde par rapport à l'angle φ	48

Figure 7 – Power line pattern on the standardized IC test board – Bottom layer	23
Figure 8 – I/O signal line pattern on the standardized IC test board – Bottom layer	25
Figure 9 – Multi-power lines on the standardized IC test board – Bottom layer	25
Figure 10 – Measurement set-up	27
Figure 11 – Measurement circuit schematic	27
Figure 12 – Transfer constant for current calculation as a function of insulator thickness of microstrip board.	31
Figure A.1 – Cross-sectional view of a microstrip line for calibration	33
Figure A.2 – Measurement set-up for probe calibration	37
Figure B.1 – Cross-sectional view of a microstrip line	39
Figure B.2 – Measurement of magnetic probe output	43
Figure B.3 – Example of calibration factor for the magnetic probe specified in figures 1, 2, 3, and 4	45
Figure C.1 – Diagram for measuring a magnetic field distribution	47
Figure C.2 – Magnetic field distribution across the microstrip line (800 MHz)	47
Figure D.1 – Diagram for measuring an angle pattern of probe placement	49
Figure D.2 – Probe output to angle φ	49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61967-6:2002

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CIRCUITS INTÉGRÉS – MESURE DES ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES, 150 kHz À 1 GHz –

Partie 6: Mesure des émissions conduites – Méthode de la sonde magnétique

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 61967-6 a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47A/645/FDIS	47A/653/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

La présente norme doit être lue conjointement à la CEI 61967-1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTEGRATED CIRCUITS –
MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS,
150 kHz TO 1 GHz –****Part 6: Measurement of conducted emissions –
Magnetic probe 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 co-operation 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 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 61967-6 has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47A/645/FDIS	47A/653/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B, C and D are for information only.

This standard should be read in conjunction with IEC 61967-1.

La CEI 61967 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques, 150 kHz à 1 GHz*:

Partie 1: Conditions générales et définitions

Partie 2: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de cellule TEM¹

Partie 3: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de scrutation surfacique (spécification technique)²

Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct 1 Ω /150 Ω ²

Partie 5: Mesure des émissions conduites – Méthode de la cage de Faraday sur banc de travail²

Partie 6: Mesure des émissions conduites – Méthode de la sonde magnétique

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

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

Le contenu du corrigendum d'août 2010 a été pris en considération dans cet exemplaire.

¹ A l'étude.

² A publier.

IEC 61967 consists of the following parts, under the general title *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz*:

Part 1: General conditions and definitions

Part 2: Measurement of radiated emissions – TEM-cell method¹

Part 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method (technical specification)¹

Part 4: Measurement of conducted emissions – 1 Ω /150 Ω direct coupling method²

Part 5: Measurement of conducted emissions – Workbench Faraday cage method²

Part 6: Measurement of conducted emissions – Magnetic probe method

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

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

The contents of the corrigendum of August 2010 have been included in this copy.

¹ Under consideration.

² To be published.

CIRCUITS INTÉGRÉS – MESURE DES ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES, 150 kHz À 1 GHz –

Partie 6: Mesure des émissions conduites – Méthode de la sonde magnétique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61967 spécifie une méthode pour l'évaluation des courants RF sur les broches d'un circuit intégré par la mesure du courant sans contact en utilisant une sonde magnétique miniature. Cette méthode permet de mesurer les courants RF générés par le circuit intégré (CI) dans une plage de fréquences allant de 0,15 MHz à 1 000 MHz. Cette méthode est applicable aux mesures sur un seul CI ou sur un ensemble de puces de CI sur la carte d'essai normalisée afin de fournir les caractéristiques et de permettre les comparaisons. Elle est également utilisable pour l'évaluation des caractéristiques électromagnétiques d'un CI ou d'un groupe de CI sur une carte de circuit imprimé d'application réelle afin de réduire les émissions. Cette méthode est désignée sous le terme «Méthode de la sonde magnétique».

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61967-1, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques, 150 kHz à 1 GHz – Partie 1: Conditions générales et définitions*

CEI 61967-4, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques, 150 kHz à 1 GHz – Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct 1 Ω /150 Ω ³*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61967, les définitions de la CEI 61967-1 s'appliquent.

4 Généralités

4.1 Philosophie de la mesure

Les émissions rayonnées provenant d'une carte à circuit imprimé (PCB) sont dues, partiellement, au courant RF généré par le CI qui excite les pistes, la masse et les plans d'alimentation de la carte ainsi que les câbles connectés à celle-ci. Tous ces éléments peuvent agir comme des antennes RF pour produire des émissions rayonnées. Le niveau d'émission est proportionnel au courant RF d'excitation et il est également affecté de manière importante par la conception de la carte, l'efficacité de rayonnement des pseudo-antennes et les coefficients de chemin de couplage de bruit allant du CI aux pseudo-antennes.

Pour ce mécanisme d'émission, le niveau d'émission du CI peut être un paramètre important à la fois pour les utilisateurs et les fabricants pour estimer et prévoir les caractéristiques électromagnétiques d'une carte à circuit imprimé, d'un module ou d'un réseau. On peut obtenir une mesure du niveau d'émission en mesurant les courants RF générés par le CI en essai. Ainsi, le courant de bruit RF mesuré peut être considéré comme un indicateur du niveau d'émission électromagnétique indésirable généré par le CI.

³ A publier.

INTEGRATED CIRCUITS – MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS, 150 kHz TO 1 GHz –

Part 6: Measurement of conducted emissions – Magnetic probe method

1 Scope

This part of the IEC 61967 specifies a method for evaluating RF currents on the pins of an integrated circuit (IC) by means of non-contact current measurement using a miniature magnetic probe. This method is capable of measuring the RF currents generated by the IC over a frequency range of 0,15 MHz to 1 000 MHz. This method is applicable to the measurement of a single IC or a chip set of ICs on the standardized test board for characterization and comparison purposes. It is also usable to evaluate the electromagnetic characteristics of an IC or group of ICs on an actual application PCB for emission reduction purposes. This method is called the "magnetic probe method".

2 Normative references

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

IEC 61967-1, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 1: General conditions and definitions*

IEC 61967-4, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 4: Measurement of conducted emissions – 1 Ω /150 Ω direct coupling method*³

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 61967 the definitions found in IEC 61967-1 apply.

4 General

4.1 Measurement philosophy

The emissions radiated from a PCB are, in part, caused by RF current generated by the onboard IC which drives PCB traces, PCB ground and supply planes, and cables connected to the PCB. All of these can act as RF antennas to radiate the emissions. The emission level is proportional to the driving RF current, and is also affected significantly by PCB design, radiation effectiveness of the pseudo-antennas, and noise coupling path coefficients from the IC to the pseudo-antennas.

For this emission mechanism, the driving force of the IC can be a significant parameter for both users and manufacturers to estimate and predict the electromagnetic characteristics of a PCB, module, or system. A measure of the emission driving force can be obtained by measuring the RF currents generated by the IC under test. Thus, the measured RF noise current can be regarded as an indicator of the undesirable electromagnetic emission driving force generated by the IC.

³ To be published.

4.2 Principe de mesure

Avec cette méthode, le courant RF sur les broches d'alimentation en énergie et les broches d'E/S d'un CI en essai peut être mesuré avec une sonde magnétique miniature triplaquée. Cette sonde mesure le champ magnétique à une hauteur spécifiée au-dessus d'un ruban conducteur d'alimentation ou d'E/S sur la carte d'essai normalisée d'une manière contrôlée. Le courant RF est calculé à partir du champ magnétique mesuré en utilisant la formule décrite en 8.2. Avec un placement mécanique précis de la sonde magnétique, cette méthode offre un degré élevé de répétabilité. De plus, la plage de fréquences de cette méthode peut être étendue aux limites données en 5.2. Des fréquences plus élevées peuvent être obtenues sans influence significative sur la précision. L'estimation du courant RF sur le ruban conducteur d'alimentation ou d'E/S fournit un moyen facile et pratique pour donner les caractéristiques des CI et les comparer.

5 Conditions d'essai

5.1 Généralités

Les conditions générales d'essai sont présentées dans la CEI 61967-1.

5.2 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences efficace de cette méthode de mesure s'étend de 0,15 MHz à 1 000 MHz. La fréquence maximale peut être accrue, si on le souhaite, sous réserve des limites du montage d'essai. La limite supérieure de la gamme de fréquences est directement liée aux caractéristiques haute fréquence de la sonde magnétique et à sa distance par rapport à la ligne en essai comme décrit à l'annexe B. Pour une zone basse fréquence entre 0,15 MHz et 10 MHz, il peut être cependant judicieux d'utiliser un pré-amplificateur à faible bruit pour améliorer la gamme dynamique de la mesure.

6 Equipement d'essai

6.1 Généralités

Pour les informations générales concernant l'équipement d'essai, voir la CEI 61967-1.

6.2 Sonde magnétique

La sonde magnétique doit être constituée d'une ligne triplaquée composée d'une carte à trois couches. Les détails pour la construction recommandée de la sonde sont donnés aux figures 1, 2, 3 et 4.

Un connecteur SMA est fixé au bord de la carte à l'opposé de la portion de boucle rectangulaire de la sonde comme cela est représenté dans les figures. Les pastilles de fixation pour le connecteur SMA sont placées sur les couches 1 et 3, qui sont connectées les unes aux autres par l'intermédiaire de quatre trous de liaison. Le réseau de lignes conductrices se trouve sur la couche 2, qui est connectée à la broche centrale du connecteur SMA.

6.3 Fixation et placement de la sonde

La tension de sortie de la sonde dépend de la distance entre l'extrémité de la sonde et la bande conductrice mesurée. Cela rend très critique le fait de maintenir un espace de 1 mm entre la ligne conductrice et l'extrémité de la sonde magnétique au cours de cette mesure. C'est pourquoi une fixation pour l'espacement de la sonde doit être utilisée pour maintenir un espace de $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ entre la partie inférieure de la portion de boucle rectangulaire et la bande conductrice sur la carte d'essai de CI sinon toute la sonde peut être moulée dans un seul bloc de fixation abritant la sonde de manière à maintenir l'espace spécifié de façon précise comme indiqué à la figure 10.

4.2 Measurement principle

Using this test method, the RF current on the power supply pins and I/O pins of an IC under test can be measured using a miniature triplate-structured magnetic probe. This probe measures the magnetic field at a specified height over a power supply or I/O strip conductor on the standardized test board in a controlled manner. The RF current is calculated from the measured magnetic field using the formula described in 8.2. With accurate mechanical placement of the magnetic probe, this method provides a high degree of repeatability. In addition, the frequency range of this method can be extended subject to the limitations described in 5.2. Higher frequencies can be obtained without a substantial influence on accuracy. The estimation of the RF current over the power supply or I/O strip conductor is an easy and handy way of characterizing and comparing the ICs.

5 Test conditions

5.1 General

General test conditions are described in IEC 61967-1.

5.2 Frequency range

The effective frequency range of this measurement method is 0,15 MHz to 1 000 MHz. The maximum frequency can be extended, if desired, subject to the limitations of the test set-up. The upper limit of the frequency range is directly related to high frequency characteristics of the magnetic probe and its distance from the line under test as described in annex B. At a low frequency region of 0,15 MHz to 10 MHz, however, it may be advisable to use a low noise pre-amplifier to improve dynamic range of the measurement.

6 Test equipment

6.1 General

For general information on test equipment see IEC 61967-1.

6.2 Magnetic probe

The magnetic probe shall be a triplate-structured strip line composed of a three-layer PCB. Recommended probe construction details are shown in figures 1, 2, 3 and 4.

An SMA connector is attached at the edge of the PCB opposite to the rectangular loop portion of the probe as shown in the figures. Attachment pads for the SMA connector are on layers 1 and 3, which are connected to each other through four vias. The strip conductor pattern is on layer 2, which is connected to the centre pin of the SMA connector.

6.3 Probe spacing fixture and placement

The probe output voltage depends on the distance between the probe tip and the strip conductor under measurement. This makes it very critical to maintain a 1 mm space between the strip conductor and the magnetic probe tip during this measurement. Therefore, a probe spacing fixture shall be used to maintain $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ spacing between the bottom of the rectangular loop portion of the probe and strip line on the IC test board, or the entire probe can be molded into a piece of fixing block which houses the probe so as to maintain the specified space precisely as shown in figure 10.

De plus, la tension de sortie de la sonde dépend de l'angle de placement de la sonde (ϕ) par rapport à la direction de la ligne à microruban qui est mesurée. Conformément à une mesure expérimentale sur les structures d'angle du placement directionnel de la sonde, l'angle doit être inférieur à 15° pour que l'erreur d'amplitude soit inférieure à -2 dB. Se reporter à l'annexe D pour les détails.

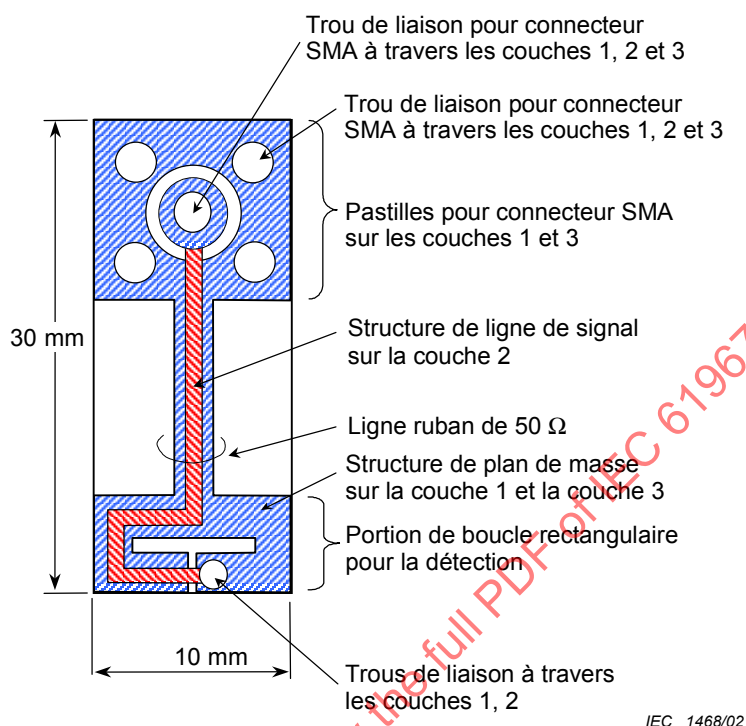


Figure 1 – Sonde magnétique

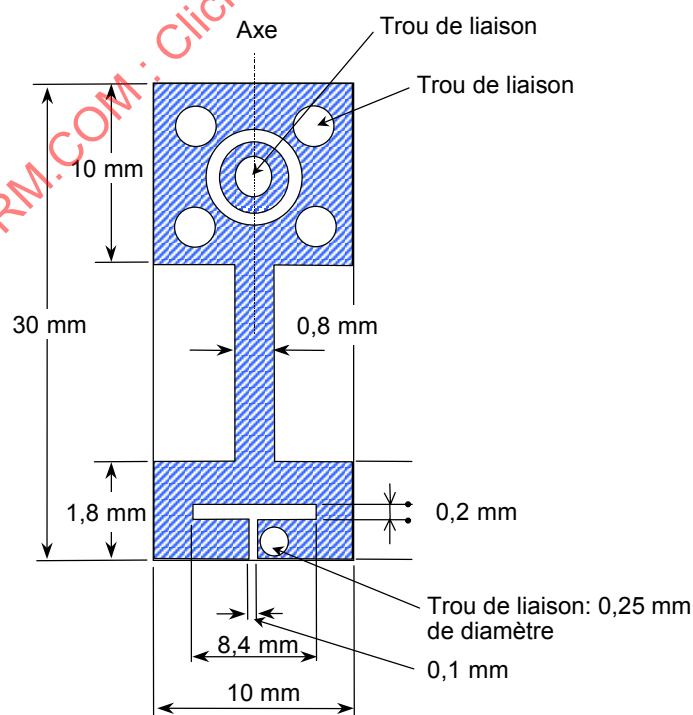


Figure 2 – Première et troisième couche de la sonde magnétique

In addition, the probe output voltage depends on probe placement angle (ϕ) to direction of microstrip line under measurement. According to an experimental measurement on angle patterns of probe directional placement, the angle shall be less than 15° for amplitude error to be less than -2 dB. See annex D for details.

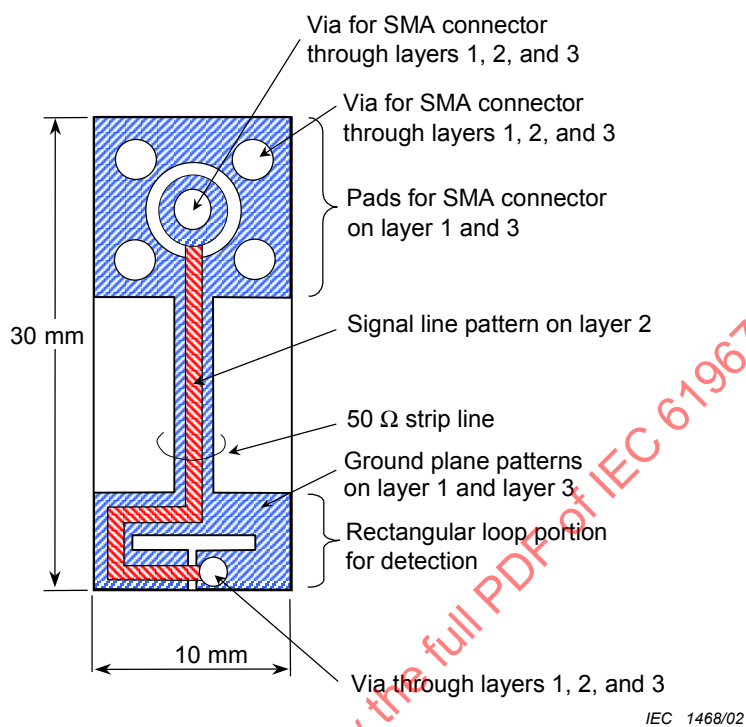


Figure 1 – Magnetic probe

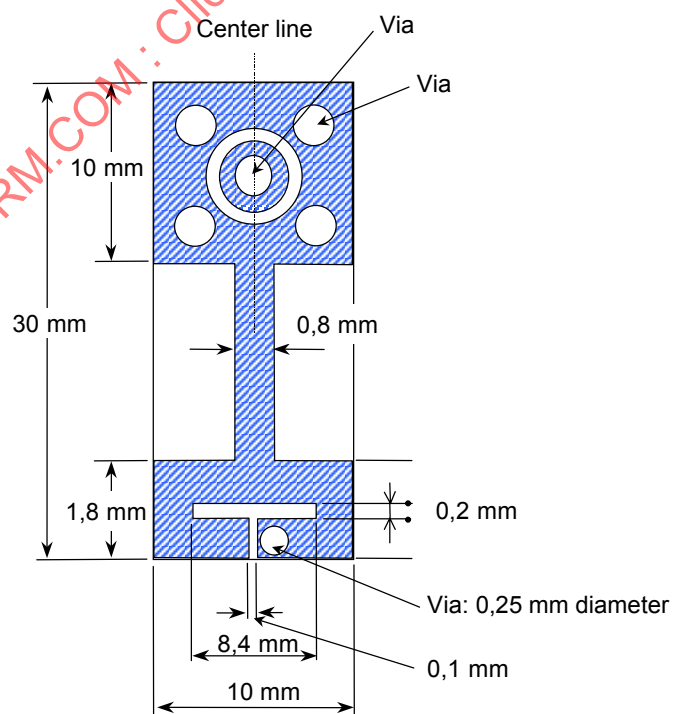


Figure 2 – Magnetic probe – First and third layers

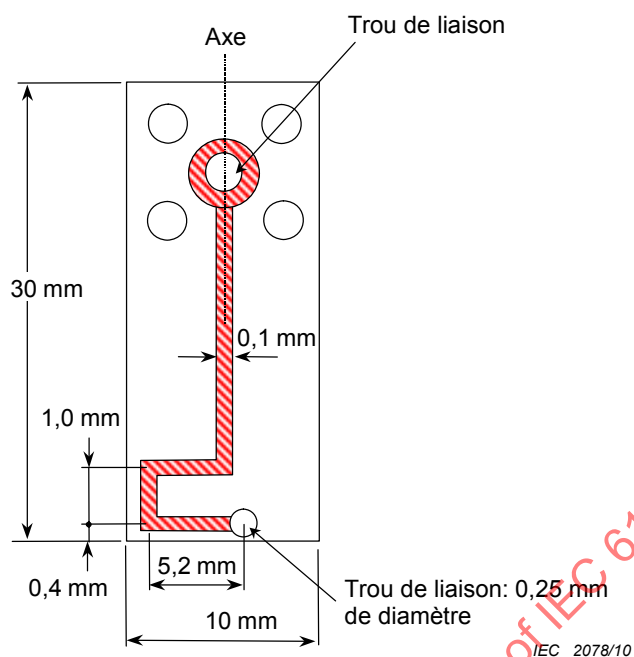


Figure 3 – Deuxième couche de la sonde magnétique

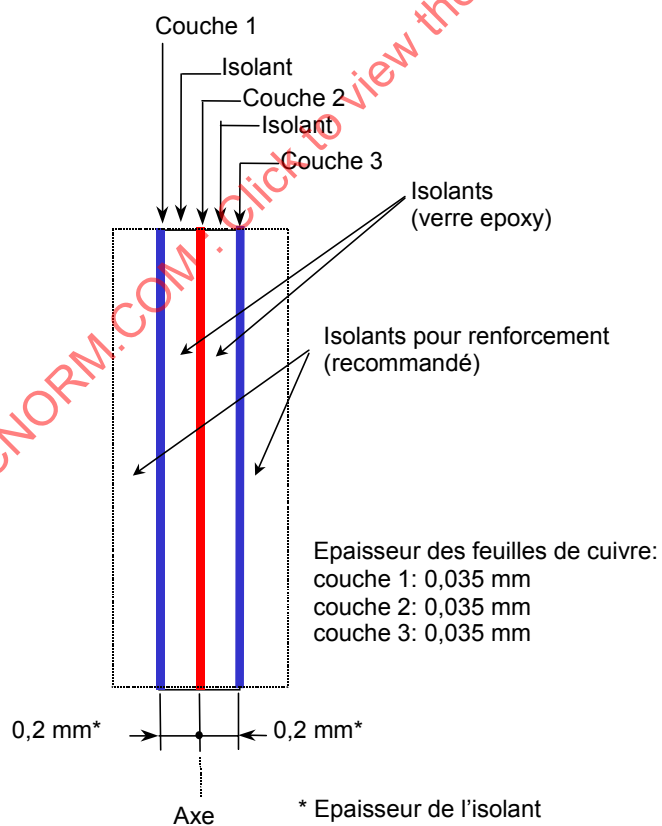


Figure 4 – Sonde magnétique – Construction des couches

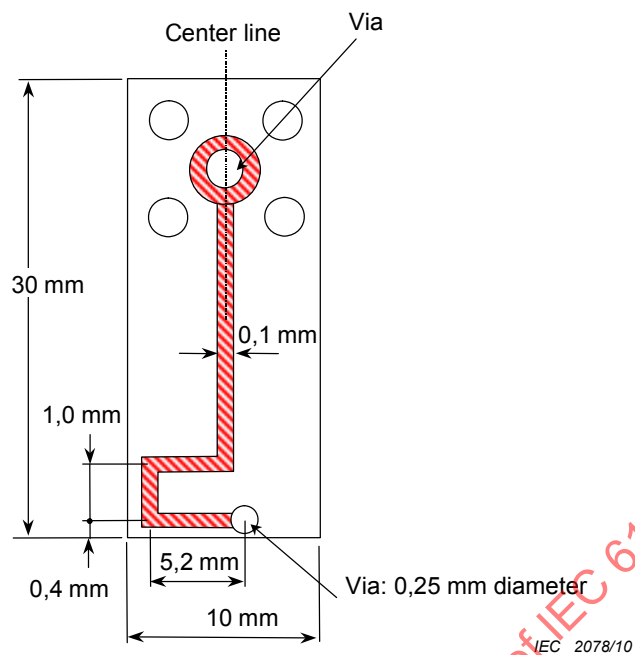


Figure 3 – Magnetic probe – Second layer

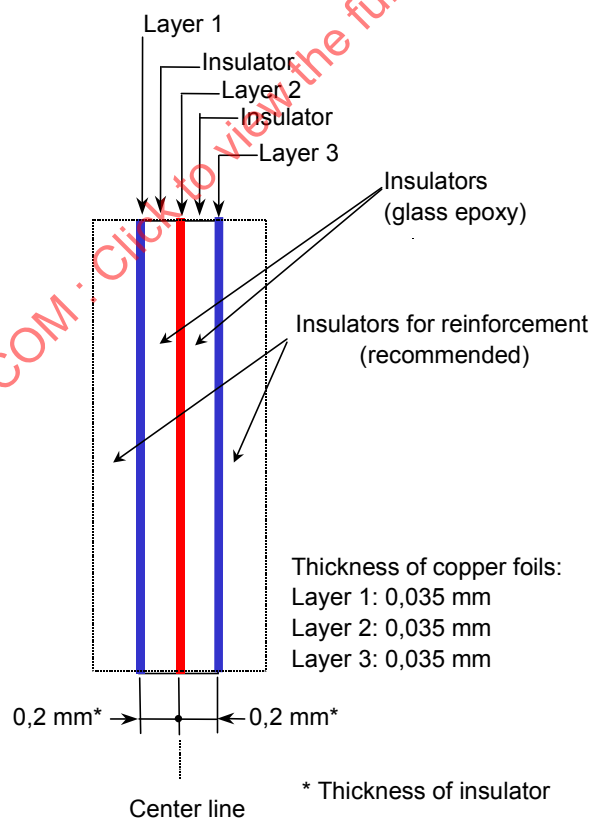


Figure 4 – Magnetic probe – Layer construction

7 Montage d'essai

7.1 Généralités

Les prescriptions générales relatives au montage d'essai sont décrites dans la CEI 61967-1.

Le montage de mesure et le schéma de circuit de la méthode de mesure à la sonde magnétique sont représentés respectivement aux figures 10 et 11.

7.2 Etalonnage de la sonde

La sonde magnétique utilisée doit être étalonnée pour obtenir une corrélation précise entre l'intensité du champ magnétique mesurée et le courant RF estimé. L'étalonnage de la sonde doit être conforme à la méthode décrite à l'annexe A (méthode de la ligne à microruban).

7.3 Modifications de la carte d'essai CI normalisée

La carte d'essai CI normalisée décrite dans la CEI 61967-1 doit être utilisée. Cependant, elle doit être adaptée comme cela est indiqué aux figures 5, 6, 7, 8, et 9.

7.3.1 Disposition des couches

La carte d'essai de CI doit posséder au minimum quatre couches. Il est recommandé d'utiliser une carte d'essai de CI à quatre couches comme indiqué aux figures 5 et 6. Si nécessaire, des couches supplémentaires peuvent être insérées entre la couche supérieure et la couche de masse à microruban pour assurer le routage complémentaire de signal et/ou d'énergie. La construction de la carte d'essai de CI doit être telle que spécifié dans la CEI 61967-1 sauf comme indiqué ci-dessous dans le cas de n couches en général.

- 1) Couche supérieure (couche 1): Le CI en essai doit être placé sur la couche 1. Voir la CEI 61967-1
- 2) Couche suivant immédiatement la couche inférieure (couche $n-1$): Une zone de plan de masse doit être constituée sur la couche $n-1$ pour fournir une référence pour les structures de microrubans sur la couche inférieure. Le plan de masse peut couvrir l'ensemble de la couche ou peut être limité à la zone sous les structures de microruban comme représenté dans la zone délimitée par les pointillés des figures 7 et 8. Cette zone de plan de masse doit avoir une largeur minimale de 11 mm et une longueur minimale de 14 mm.
- 3) Couche inférieure (couche n): Les lignes à microruban pour les plans de mesure et de masse périphérique doivent se trouver sur la couche n . Les lignes à microruban doivent être conformes aux figures 7 et 8 pour les lignes d'énergie et les lignes d'E/S, respectivement. La largeur de la bande conductrice doit être au maximum de 1,0 mm pour atteindre une résolution spatiale élevée. Se reporter à l'annexe C pour les détails. Il convient que la longueur des lignes à microruban soit comprise entre 14 mm et 25 mm pour éviter des ondes stationnaires.

7.3.2 Epaisseur de couche

Il est fortement recommandé que l'épaisseur de l'isolant de carte entre la couche $n-1$ et la couche n soit de 0,6 mm. L'espace coplanaire entre la ligne de mesure et les plans de masse coplanaires doit être d'au moins 2,0 mm et représenter au moins trois fois l'épaisseur de l'isolant.

7.3.3 Condensateurs de découplage

Les condensateurs de découplage (C1, C2) doivent être utilisés entre les lignes d'alimentation et les plans de masse sur la carte d'essai comme représenté à la figure 11. Le condensateur (C2) doit être placé aussi près que possible de la zone de mesure de la ligne d'alimentation pour offrir une faible impédance RF. La distance entre C2 et le trou de liaison vers la pastille V_{DD} ne doit pas être supérieure à 25 mm comme indiqué à la figure 7. Le condensateur (C1) doit être placé entre la pastille CI V_{DD} et la masse de CI comme indiqué à la figure 9.

7 Test set-up

7.1 General

General test set-up requirements are described in IEC 61967-1.

The measurement set-up and circuit schematic of the magnetic probe measurement method are shown in figures 10 and 11, respectively.

7.2 Probe calibration

The magnetic probe used shall be calibrated to obtain accurate correlation between the measured magnetic field intensity and the estimated RF current. The probe calibration shall be in accordance with the method described in annex A (microstrip line method).

7.3 Modifications to standardized IC test board

The standardized IC test board described in IEC 61967-1 shall be used. However, it shall be adapted as shown in figures 5, 6, 7, 8, and 9.

7.3.1 Layer arrangement

The IC test board shall have a minimum of four layers. It is recommended to use a four-layer IC test board as shown in figures 5 and 6. If necessary, additional layers may be inserted between the top layer and the microstrip ground layer to accommodate additional signal and/or power routing. The construction of the IC test board shall be as specified in IEC 61967-1, except as noted below in the case of n layers in general.

- 1) Top layer (layer 1): The IC under test shall be put on layer 1. See IEC 61967-1.
- 2) Layer next to the bottom layer (layer $n-1$): A ground plane area shall be formed on layer $n-1$ to provide a reference for the microstrip structures on the bottom layer. The ground plane can cover the entire layer or can be limited to the area under the microstrip structures as shown in the dotted line area of figures 7 and 8. This ground plane area shall have a minimum width of 11 mm and a minimum length of 14 mm.
- 3) Bottom layer (layer n): The microstrip conductor lines for measurement and peripheral ground planes shall be on layer n . The microstrip conductor lines shall be in accordance with figures 7 and 8 for power lines and I/O lines, respectively. The width of the strip conductor line shall be 1,0 mm at maximum to achieve a high spatial resolution. See annex C for details. The length of the microstrip conductor lines should be between 14 mm and 25 mm in length to avoid standing waves.

7.3.2 Layer thickness

The PCB insulator thickness of 0,6 mm between layer $n-1$ and layer n is strongly recommended. The coplanar gap between the measurement line and coplanar ground planes shall be at least 2,0 mm and shall be at least three times the insulator thickness.

7.3.3 Decoupling capacitors

Decoupling capacitors (C1, C2) shall be used between the power supply lines and ground planes on the test board as shown in figure 11. The capacitor (C2) shall be placed as close as possible to the measurement area of the power supply line to provide low RF impedance. The distance between C2 and the via to the V_{DD} land shall be no more than 25 mm as shown in figure 7. The capacitor (C1) shall be placed between the IC V_{DD} land and the IC ground as shown in figure 9.

7.3.4 Charge de broche d'E/S

Cette méthode de mesure peut être utilisée pour mesurer le courant RF d'une seule broche d'E/S. Le courant de la broche d'E/S doit être mesuré broche par broche. La disposition de la charge de broche doit être conforme aux figures 8 et 9. Il convient que cette broche soit chargée avec un réseau d'adaptation d'impédance avec une résistance de 150 Ω comme représenté à la figure 11. Il convient que le réseau d'adaptation d'impédance soit chargé par une résistance de 50 Ω (R3) ou une impédance d'entrée de 50 Ω de matériel de mesure normal (récepteur).

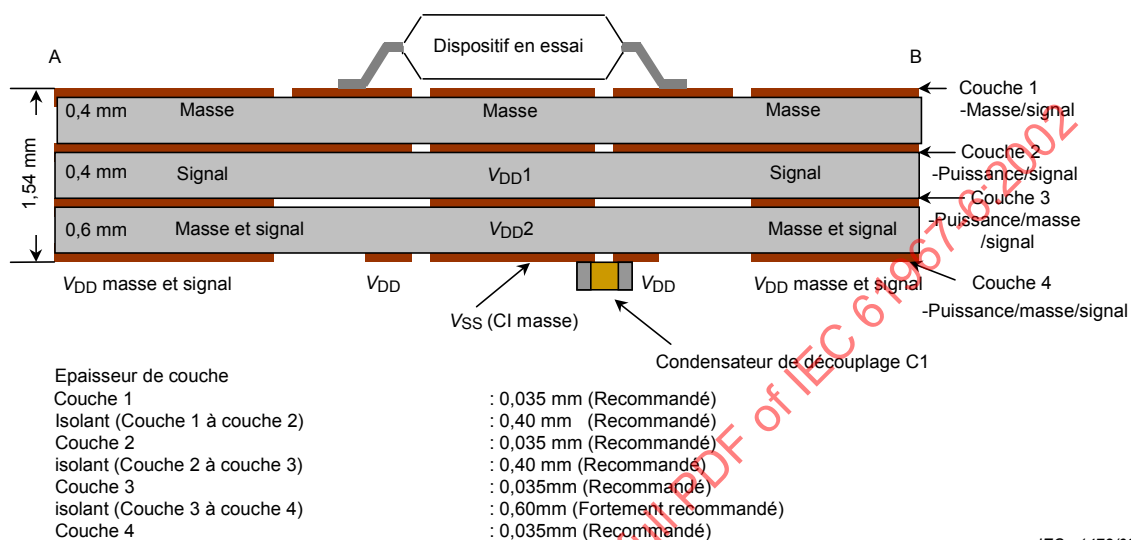


Figure 5 – Carte d'essai CI normalisée – Vue en coupe 1

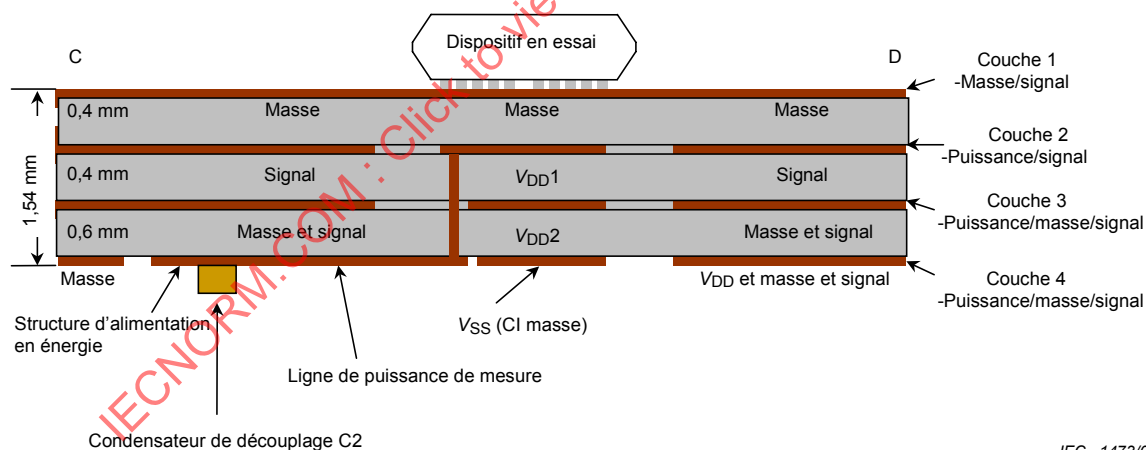


Figure 6 – Carte d'essai CI normalisée –
Vue en coupe 2 – Ligne de mesure

7.3.4 I/O pin loading

This measurement can be used to measure the RF current of a single I/O pin. The I/O pin current shall be measured pin by pin. The layout of the pin loading shall be in accordance with figures 8 and 9. This pin should be loaded with an impedance matching network with a resistance of $150\ \Omega$ as shown in figure 11. The impedance matching network should be loaded by a $50\ \Omega$ resistor (R3) or a $50\ \Omega$ input impedance of normal measurement equipment (receiver).

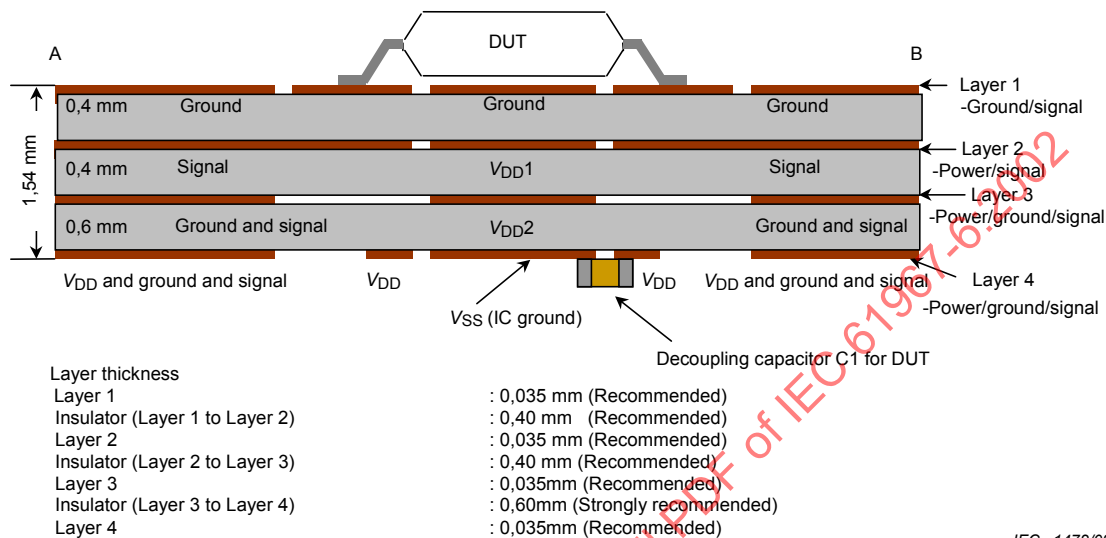


Figure 5 – Standardized IC test board – Sectional view 1

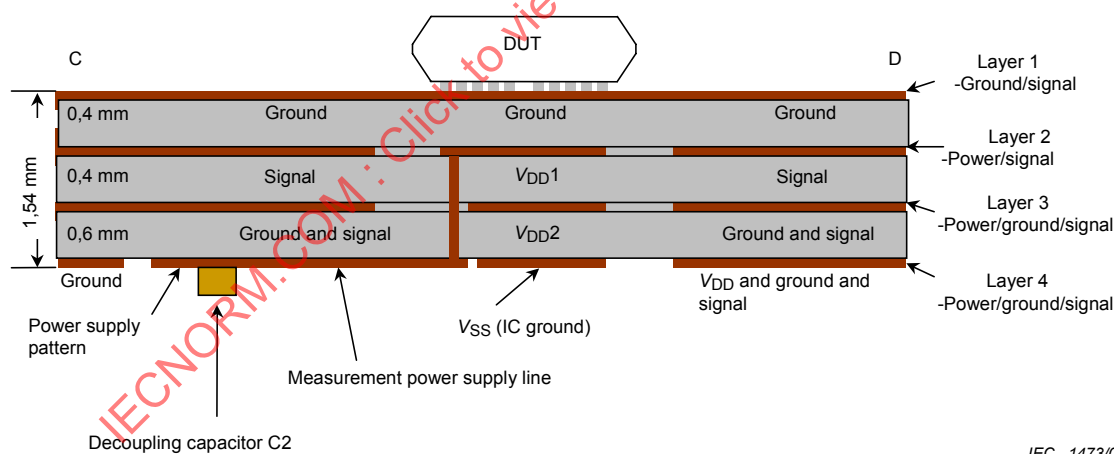
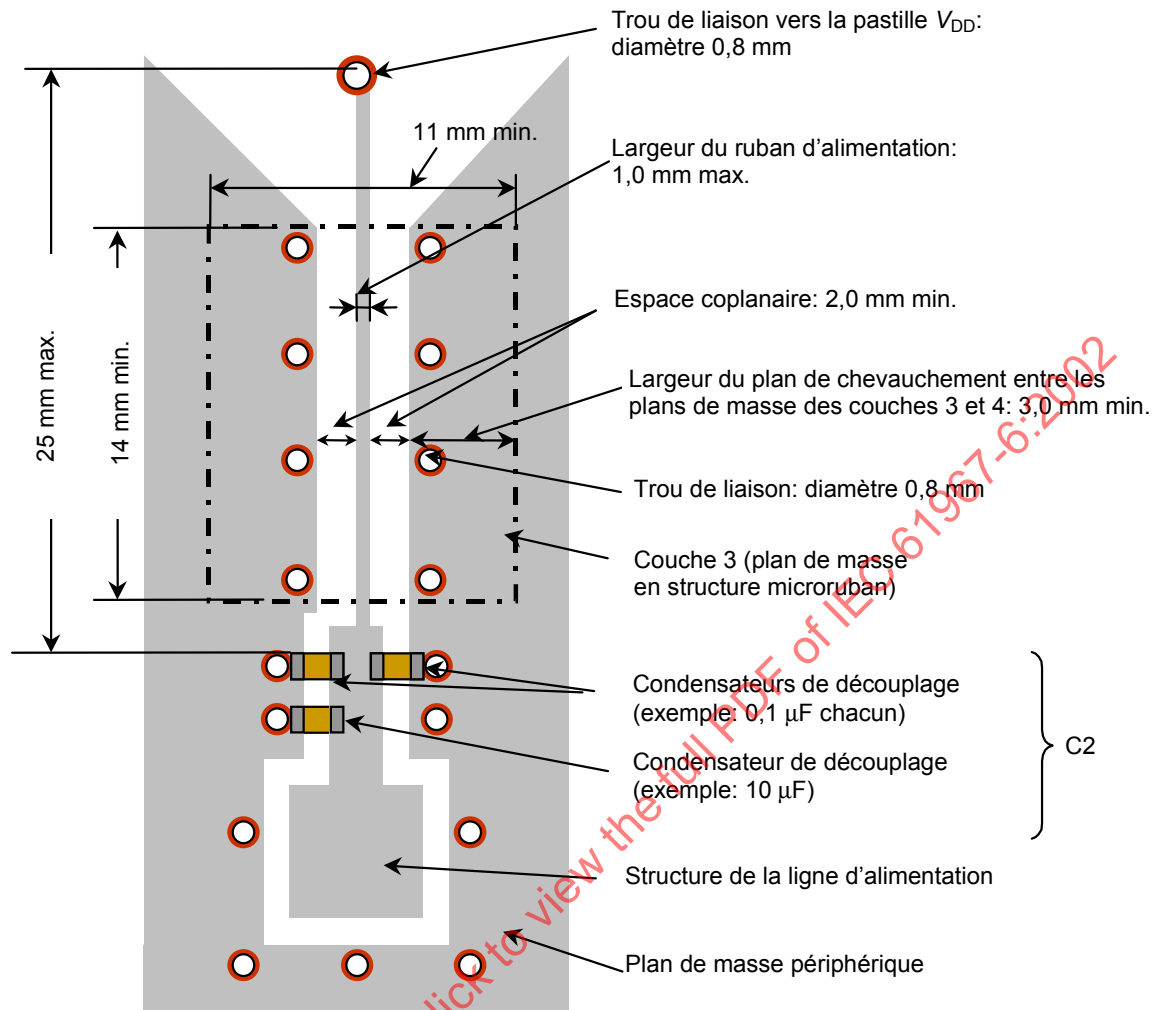
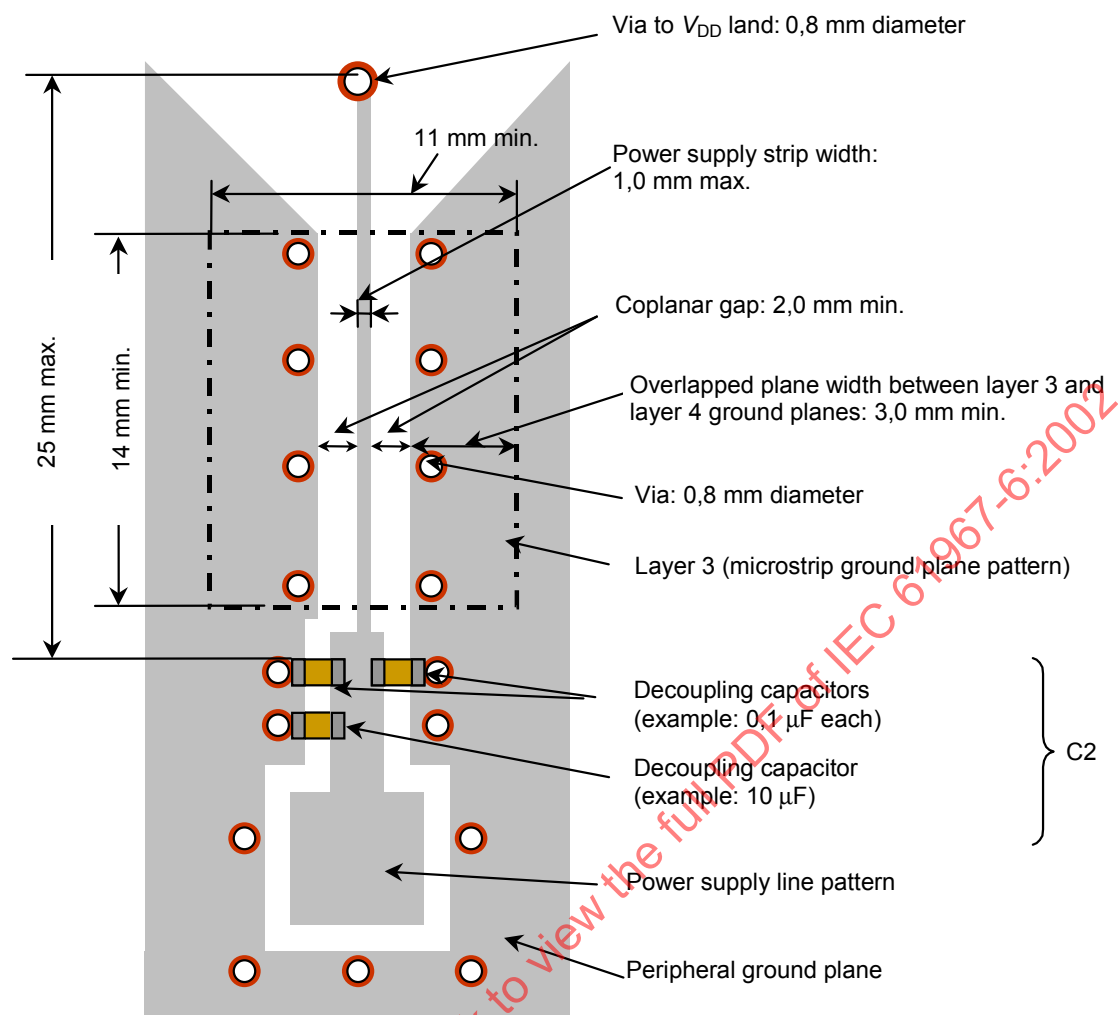


Figure 6 – Standardized IC test board – Sectional view 2 – Measurement line



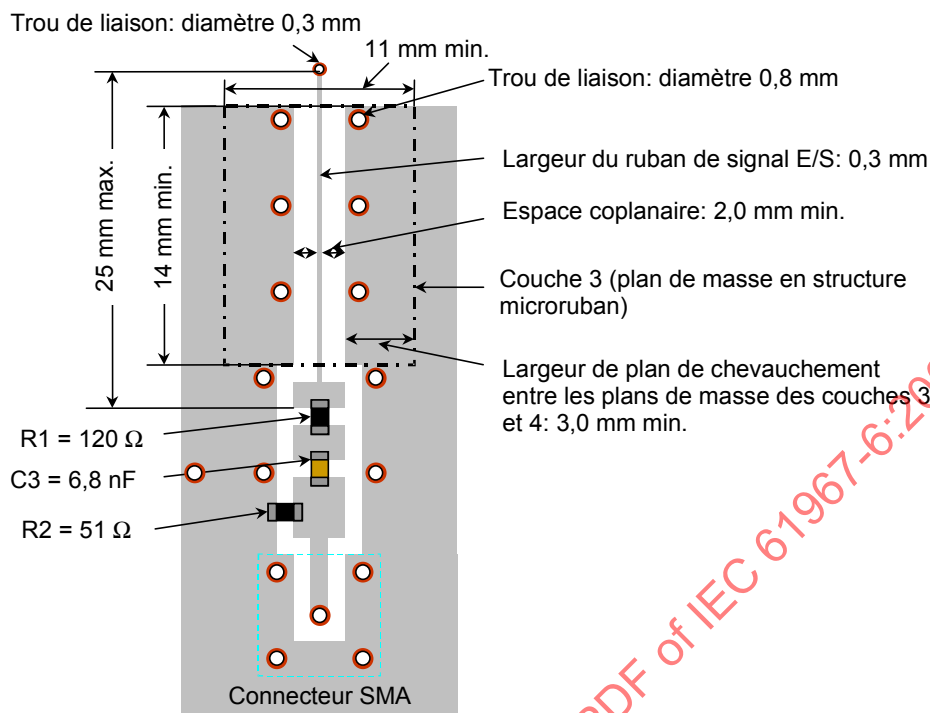
IEC 1474/02

Figure 7 – Structure de ligne de puissance sur la carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure



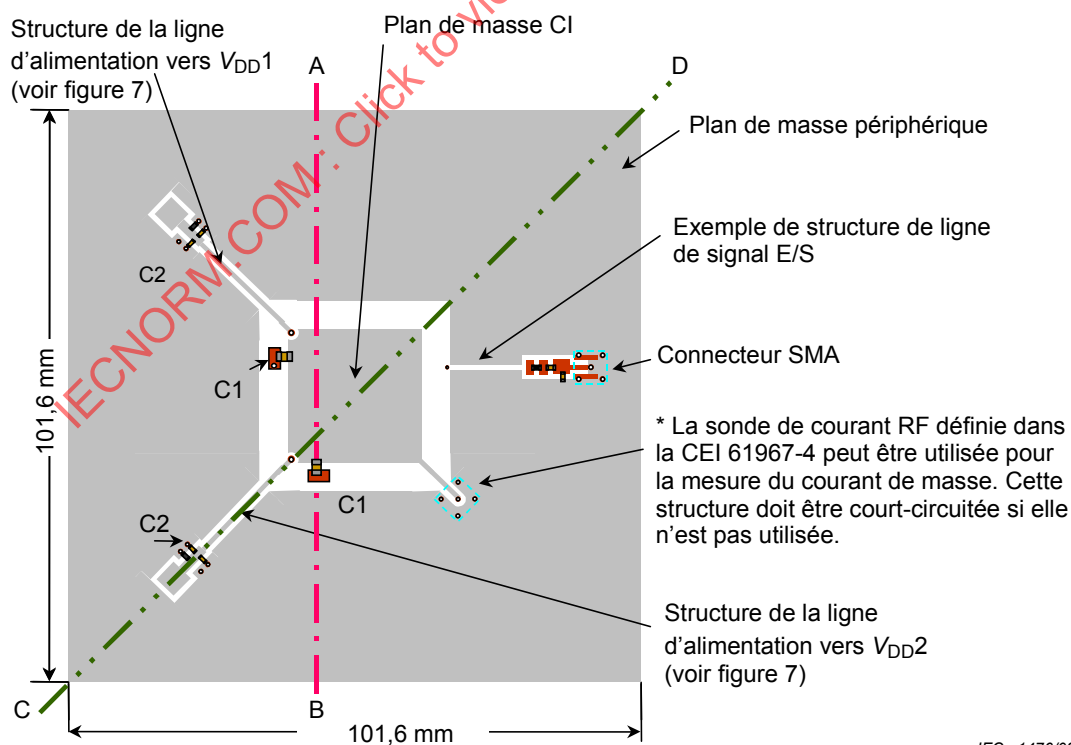
IEC 1474/02

Figure 7 – Power line pattern on the standardized IC test board – Bottom layer



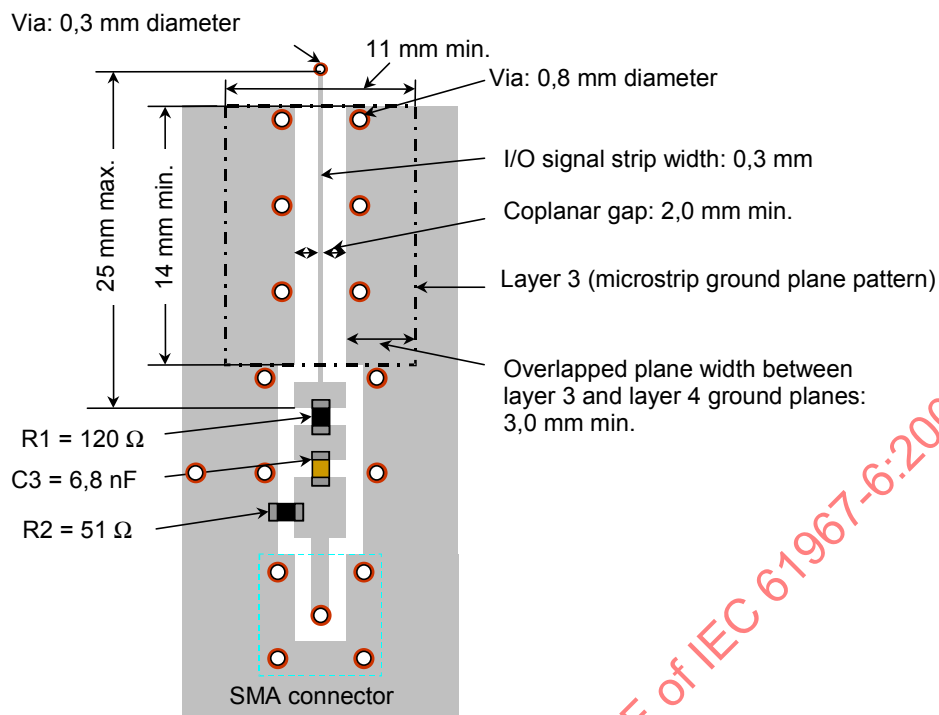
IEC 1475/02

Figure 8 – Impression de ligne de signal E/S sur la carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure



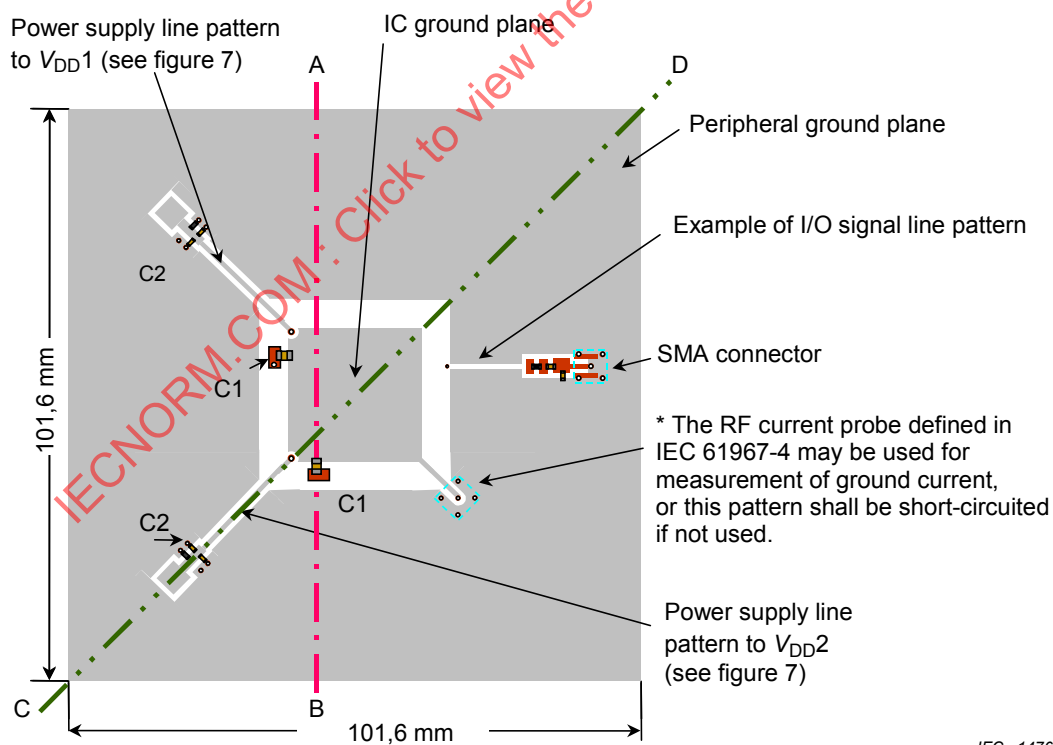
IEC 1476/02

Figure 9 – Lignes multiples de puissance sur carte d'essai CI normalisée – Couche inférieure



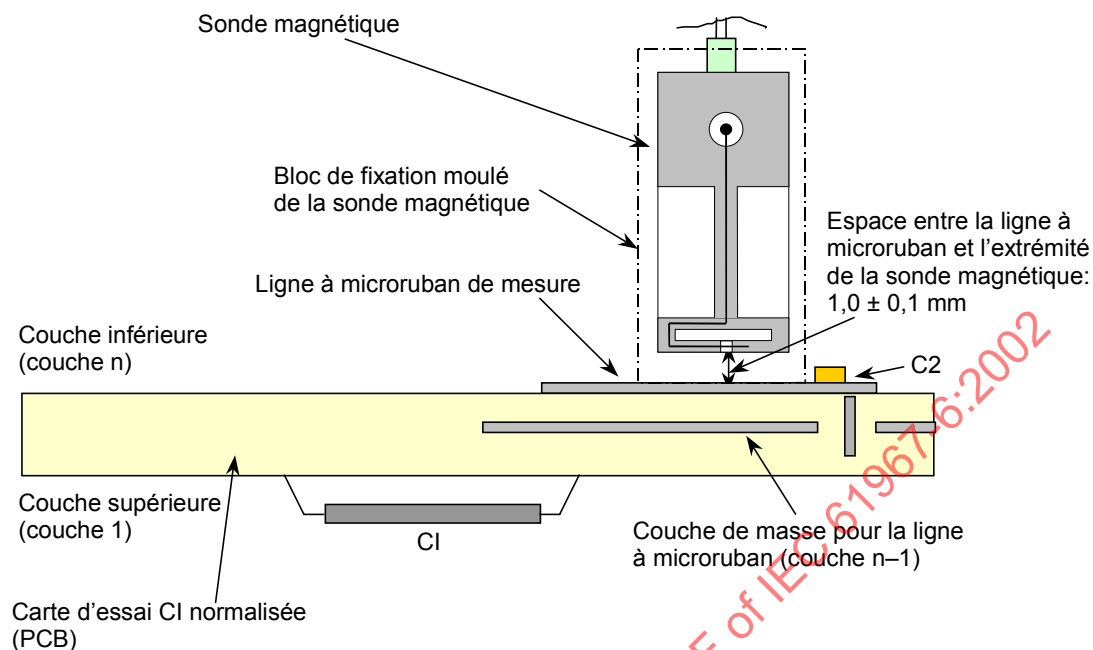
IEC 1475/02

Figure 8 – I/O signal line pattern on the standardized IC test board – Bottom layer



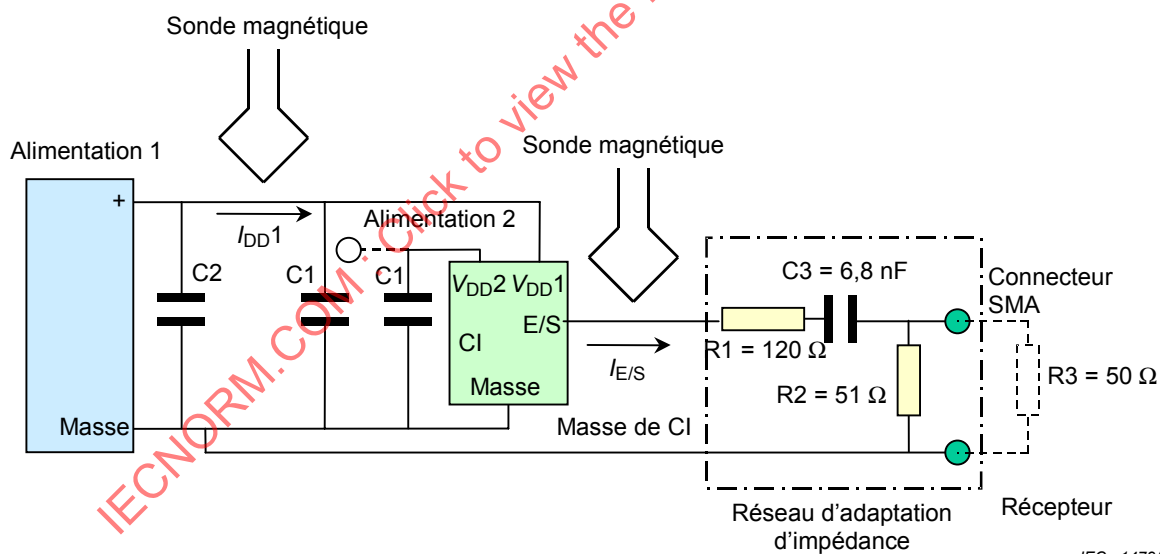
IEC 1476/02

Figure 9 – Multi-power lines on the standardized IC test board – Bottom layer



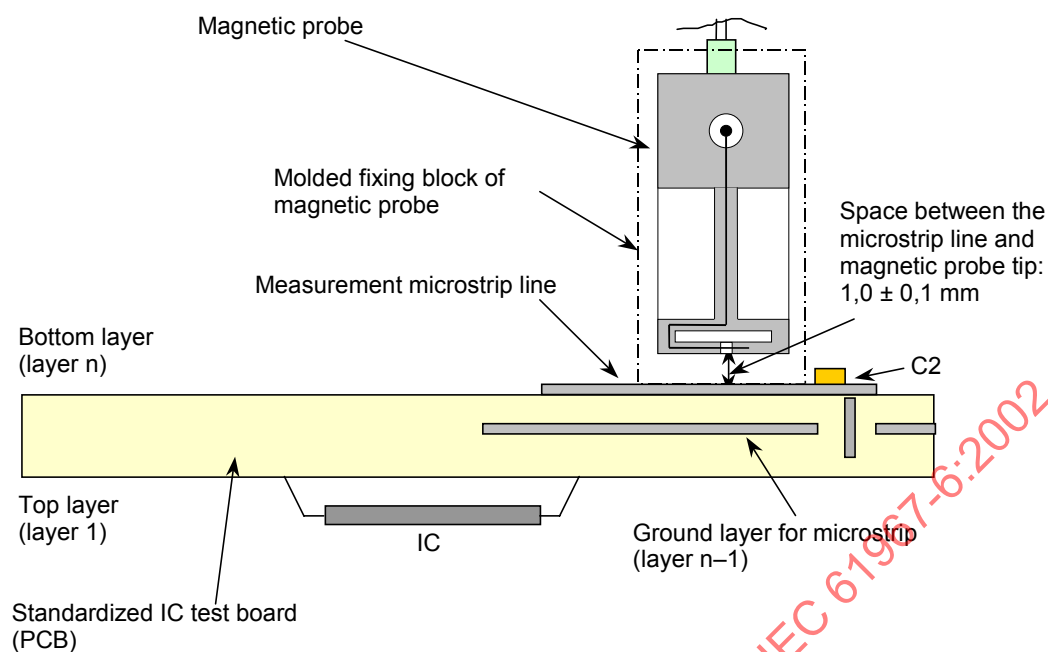
IEC 1477/02

Figure 10 – Montage de mesure



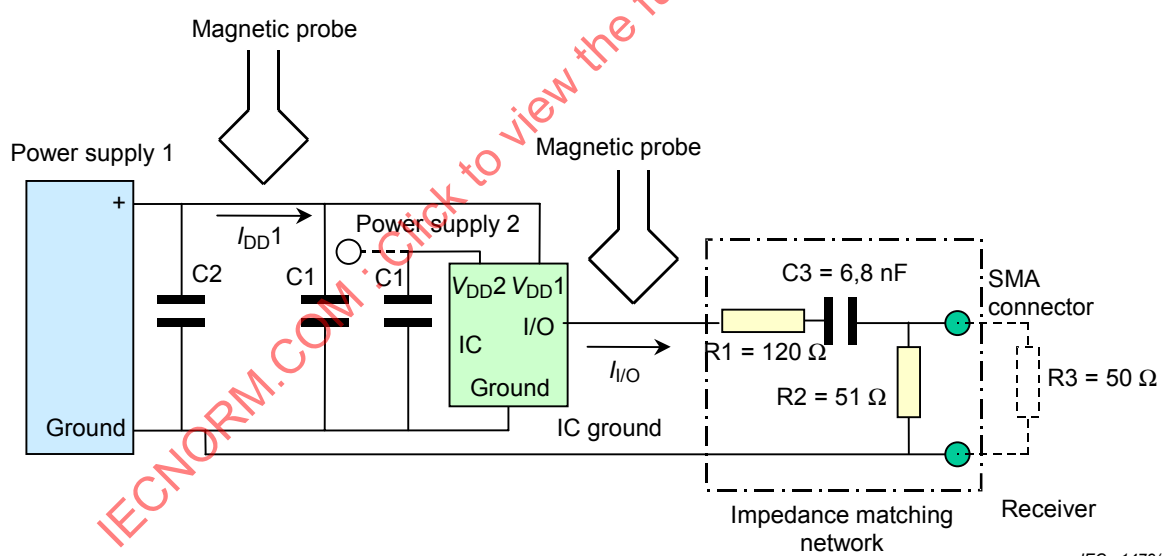
IEC 1478/02

Figure 11 – Schéma de circuit de mesure



IEC 1477/02

Figure 10 – Measurement set-up



IEC 1478/02

Figure 11 – Measurement circuit schematic

8 Procédure d'essai

8.1 Généralités

Les prescriptions générales de la procédure d'essai sont présentées dans la CEI 61967-1.

8.2 Technique d'essai

La sonde magnétique doit être placée à distance au-dessus de la surface de la ligne en essai sur la carte d'essai comme décrit en 6.3. La tension de sortie (V_p) de la sonde magnétique est mesurée par un analyseur de spectre ou un récepteur de mesure comme décrit dans la CEI 61967-1. Le champ magnétique (H_{x_dB}) est calculé à partir de la valeur mesurée de V_p telle que corrigée par C_f (facteur d'étalonnage de la sonde magnétique, voir les annexes A et B) avec l'équation suivante (B.12), reprise de l'annexe B:

$$H_{x_dB} = C_{f_dB} + V_{p_dB} \quad (\text{dB A/m}) \quad (\text{B.12})$$

Le courant RF (I_{dB}) est ensuite obtenu en utilisant l'équation suivante (B.13) avec une constante de transfert (C_h) pour un exemple type de la carte d'essai comme décrit à l'annexe B:

$$I_{dB} = V_{p_dB} + C_{f_dB} - C_{h_dB} \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.13})$$

où

$V_{p_dB} = V_p$ valeur en dB (dB V);

$C_{f_dB} = C_f$ valeur en dB (dB S/m);

$C_{h_dB} = C_h$ valeur en dB (dB 1/m).

La valeur C_{h_dB} dépend de l'épaisseur de l'isolant de la carte de microligne comme représenté à la figure 12. Il convient que l'épaisseur de l'isolant entre la couche $n - 1$ et la couche n soit comprise entre 0,1 mm et 1,6 mm. Pour l'épaisseur d'isolant recommandée ($h = 0,6$ mm), la valeur de C_{h_dB} est de 30 (dB 1/m). Pour la carte de microligne avec une épaisseur d'isolant différente, le courant RF est calculé selon l'équation (B.13), en utilisant une valeur appropriée C_{h_dB} comme indiqué à la figure 12.

9 Rapport d'essai

9.1 Généralités

Le rapport d'essai doit être tel qu'il est décrit dans la CEI 61967-1.

Le rapport d'essai doit contenir toutes les exigences spécifiques.

9.2 Documentation

Les données et paramètres de mesure doivent être documentés dans le rapport d'essai qui doit comporter les informations suivantes:

- matériau de la carte d'essai et sa spécification,
- épaisseur de l'isolant entre la couche $n - 1$ et la couche n ,
- largeur de la microligne, espace coplanaire et impédance caractéristique,
- condensateurs de découplage (valeurs de capacité, dimensions physiques, nombre de pièces utilisées et emplacements placés).

8 Test procedure

8.1 General

The general requirements for the test procedure are described in IEC 61967-1.

8.2 Test technique

The magnetic probe shall be placed at a distance above the surface of the line under test on the test board as described in 6.3. The output voltage (V_p) of the magnetic probe is measured by a spectrum analyzer or measuring receiver as described in IEC 61967-1. The magnetic field (H_{x_dB}) is calculated from the measured value of the V_p as corrected by C_f (calibration factor of magnetic probe, see annexes A and B) with the following equation (B.12) taken from annex B:

$$H_{x_dB} = C_{f_dB} + V_{p_dB} \quad (\text{dB A/m}) \quad (\text{B.12})$$

RF current ($I_{_dB}$) is then obtained using the following equation (B.13) with a transfer constant (C_h) for a typical example of the test board as described in annex B:

$$I_{_dB} = V_{p_dB} + C_{f_dB} - C_{h_dB} \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.13})$$

where

V_{p_dB} = V_p value in dB (dB V);

C_{f_dB} = C_f value in dB (dB S/m);

C_{h_dB} = C_h value in dB (dB 1/m).

The C_{h_dB} value depends on the insulator thickness of the microstrip board as shown in figure 12. The insulator thickness between layer $n - 1$ and layer n should be between 0,1 mm and 1,6 mm. For the recommended insulator thickness ($h = 0,6$ mm), the C_{h_dB} value is 30 (dB 1/m). For the microstrip board with a different insulator thickness, the RF current is calculated according to equation (B.13), using an appropriate C_{h_dB} value as shown in figure 12.

9 Test report

9.1 General

The test report shall be as described in IEC 61967-1.

The test report shall contain all specific requirements.

9.2 Documentation

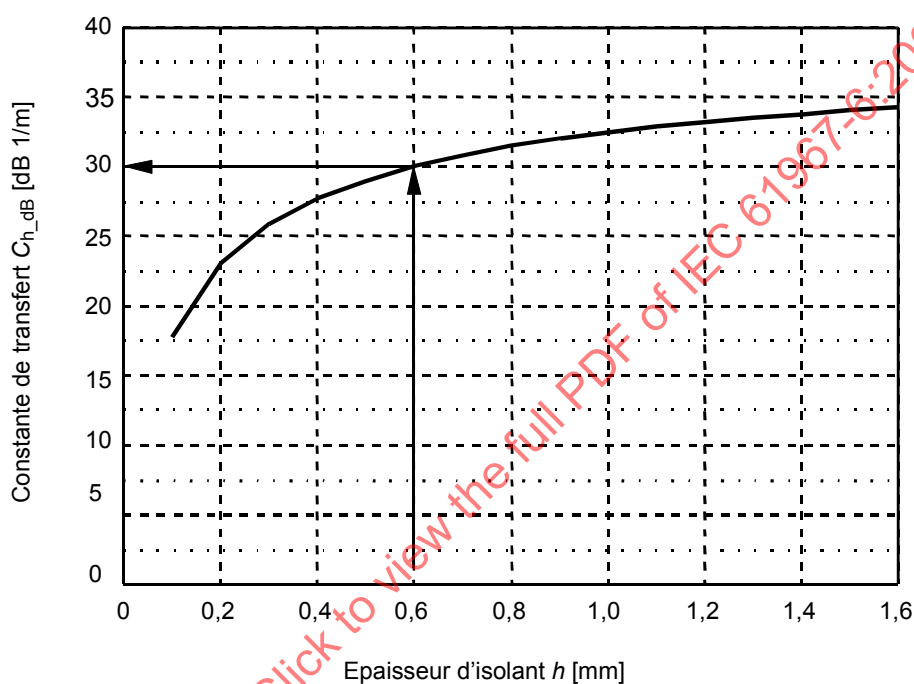
The measurement data and parameters shall be documented in the test report, which shall include the following information:

- test board material and its specification,
- thickness of insulator between layer $n - 1$ and layer n ,
- microstrip line conductor width, coplanar gap, and characteristic impedance,
- decoupling capacitors (capacitance values, physical dimensions, number of pieces used, and locations placed).

Une description de la carte d'essai CI utilisée (schéma, liste des pièces, image ou copie de réalisation, etc.) doit accompagner le rapport d'essai. Les données mesurées des courants RF doivent être ajoutées.

Les données doivent être présentées sous la forme d'une matrice de la fréquence et des données d'amplitude mesurées correspondantes à chaque point de mesure et/ou comme un tracé de cette matrice.

Une description de tout traitement de données utilisé doit faire partie du rapport d'essai.



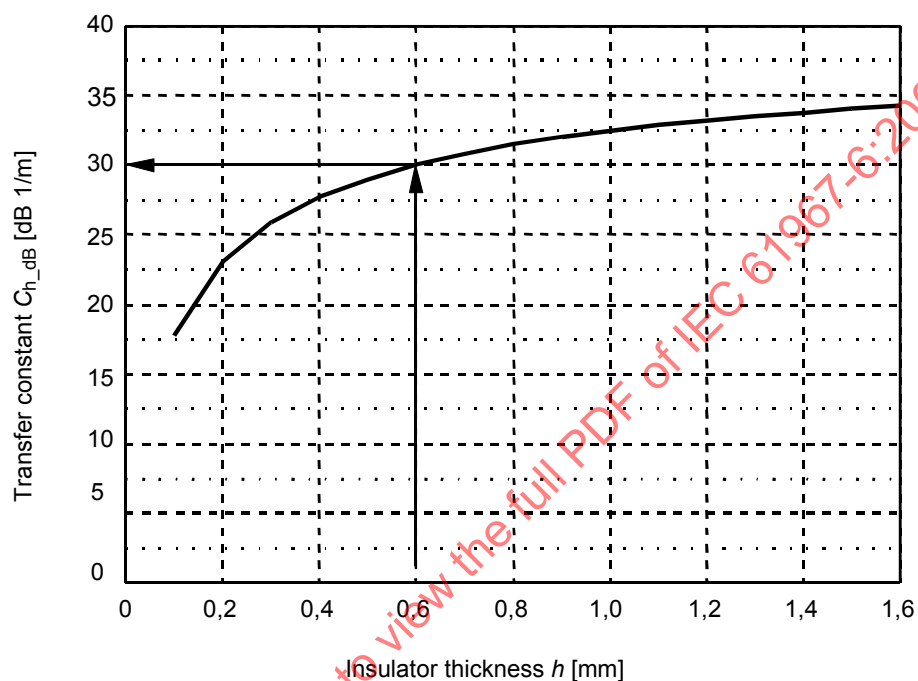
IEC 1479/02

Figure 12 – Constante de transfert pour le calcul du courant en fonction de l'épaisseur de l'isolant de la carte à microruban

Also description of the IC test board used (schematic, parts list, picture or copy of artwork, etc.) shall accompany the test report. The measured data of RF currents shall be added.

Data shall be presented as a matrix of the frequency and the corresponding measured amplitude data at each measurement point and/or as a plot of this matrix.

A description of any data processing used shall be a part of the test report.



IEC 1479/02

Figure 12 – Transfer constant for current calculation as a function of insulator thickness of microstrip board

Annexe A (normative)

Procédure d'étalonnage de la sonde – Méthode de la ligne à microruban

La sonde magnétique utilisée pour la mesure doit être étalonnée conformément à la procédure décrite ci-dessous. Le facteur d'étalonnage de la sonde magnétique peut être obtenu en utilisant la méthode de la ligne à microruban qui présente un avantage: la sonde peut en effet être étalonnée dans les conditions normales de fonctionnement pour la méthode de la sonde magnétique. L'étalonnage de la sonde sur une ligne à microruban de référence sur une carte est représenté à la figure A.2. Cet étalonnage peut être réalisé avec le même montage de mesure que la mesure de l'émission CI normale sur une carte d'essai. Cela nécessite un placement précis de la sonde dans l'espace qui réduise de manière précise les erreurs de mesure et assure une mesure d'émission à répétabilité élevée.

NOTE La méthode de la ligne à microruban est décrite avec plus de détails dans le document référencé en [5] ⁴.

A.1 Pré-amplificateur

Utiliser un pré-amplificateur comme spécifié dans la CEI 61967-1, si nécessaire.

A.2 Montage de l'analyseur de spectre

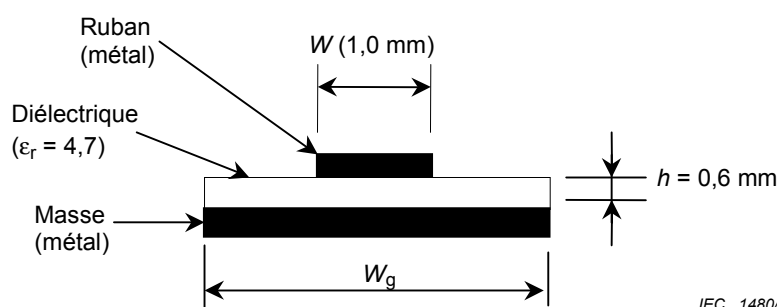
Utiliser les procédures recommandées par le fabricant pour l'étalonnage de l'analyseur de spectre. Régler l'affaiblissement à un niveau approprié et la largeur de bande vidéo à un minimum de trois fois la largeur de bande de résolution pour empêcher le moyennage vidéo du signal.

A.3 Ligne à microruban

Utiliser une structure de ligne à microruban telle que représentée à la figure A.1. L'épaisseur de l'isolant (h) de la carte à microruban utilisée doit être de 0,6 mm et l'impédance caractéristique doit être de $50 \Omega \pm 5 \Omega$. Dans le cas d'une constante diélectrique $\epsilon_r = 4,7$, la largeur du ruban conducteur (W) est de 1,0 mm. Il convient que la largeur du plan de masse (W_g) de la ligne à microruban soit d'au moins 50 mm. Il convient que la ligne à microruban soit assez longue (par exemple, 101,6 mm) et qu'elle ait des performances haute fréquence suffisantes.

Afin de vérifier l'impédance caractéristique, il convient d'utiliser un matériel de mesure RF tel qu'un analyseur de réseau ou un oscilloscope TDR.

NOTE La puissance nécessaire pour obtenir un rapport signal/bruit (S/N) suffisant peut être déterminée à l'avance dans la plage de fréquences concernée.



IEC 1480/02

Figure A.1 – Vue en coupe de la ligne à microruban pour étalonnage

⁴ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

Annex A (normative)

Probe calibration procedure – Microstrip line method

The magnetic probe used for the measurement shall be calibrated in accordance with the procedure described below. The calibration factor of the magnetic probe can be obtained by using the microstrip line method, which has the advantage in that the probe can be calibrated under the normal operating conditions for the magnetic probe method. The probe calibration on a reference microstrip line on a PCB is shown in figure A.2. This calibration can be performed with the same measurement set-up as the normal IC emission measurement on a test board. This requires an accurate space placement of the probe that definitely minimizes measuring errors and assures a highly repeatable emission measurement.

NOTE The microstrip line method is further described in [5]⁴.

A.1 Pre-amplifier

Use a pre-amplifier as specified in IEC 61967-1, if necessary.

A.2 Spectrum analyzer set-up

Use manufacturer's recommended procedures for calibration of the spectrum analyzer. Set attenuation at an appropriate level and video bandwidth at a minimum of three times the resolution bandwidth to prevent video averaging of the signal.

A.3 Microstrip line

Use a microstrip line structure shown in figure A.1. The insulator thickness (h) of the microstrip board used shall be 0,6 mm, and the characteristic impedance shall be $50 \Omega \pm 5 \Omega$. In the case of dielectric constant $\epsilon_r = 4,7$, the strip conductor width (W) is 1,0 mm. The ground plane width (W_g) of the microstrip line should be at least 50 mm. The microstrip line should be long enough (for example, 101,6 mm) and should have a sufficiently high frequency performance.

In order to check the characteristic impedance, RF measurement equipment such as a network analyzer or a TDR oscilloscope should be used.

NOTE Power required to obtain a sufficient signal to noise (S/N) ratio may be determined in advance over frequency range of interest.

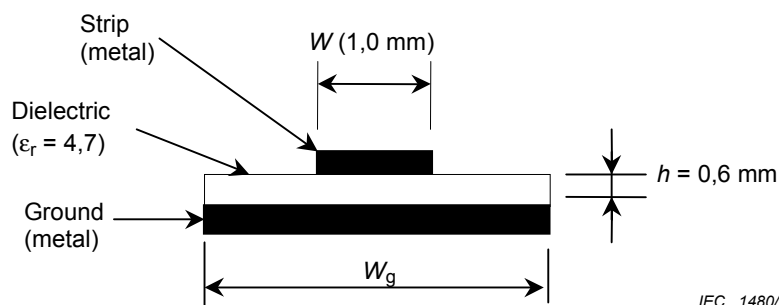


Figure A.1 – Cross-sectional view of a microstrip line for calibration

⁴ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

A.4 Etalonnage

- a) Mesurer le gain ou la perte du montage d'essai. Inclure le pré-amplificateur dans cette mesure, s'il est utilisé.
- b) Placer la sonde au-dessus de la ligne à microruban de manière à ce que le plan de la boucle soit perpendiculaire au plan de masse et parallèle à l'axe longitudinal de la ligne à microruban. Le centre de la sonde doit être situé à $\pm 0,4$ mm de distance du centre de la ligne à microruban. L'angle de face de la sonde doit être dans les limites d'un écart de 5° par rapport à l'axe de la ligne à microruban. La distance entre la surface de la ligne à microruban et l'extrémité de la sonde doit être maintenue dans les limites de $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Ces restrictions concernant le placement de la sonde doivent être maintenues pour obtenir les facteurs d'étalonnage de manière aussi précise que possible. L'erreur maximale pour les facteurs d'étalonnage avec ces restrictions est estimée à moins de $\pm 1,6 \text{ dB}$.

Les écarts de sensibilité des sondes avec les dimensions spécifiées dans cette norme sont considérés comme inférieurs à $\pm 1,0 \text{ dB}$. Des informations complémentaires concernant la dépendance vis à vis de ces facteurs de placement sont données, respectivement, dans les annexes B, C et D.

- c) Connecter un générateur de signal à une extrémité de la ligne à microruban avec une borne de 50Ω à l'autre extrémité. Connecter également le câble allant du connecteur de la sonde magnétique à l'analyseur de spectre comme représenté à la figure A.2.
- d) Etablir une excitation de champ autour de la ligne à microruban de référence avec le générateur de signal à une fréquence contenue dans la bande de fréquences étudiée et enregistrer le niveau du signal RF induit dans la sonde avec la valeur de mesure obtenue avec l'analyseur de spectre.
- e) Répéter la procédure ci-dessus à d'autres fréquences dans la gamme de fréquences. Ces données peuvent être utilisées pour tracer une courbe d'étalonnage pour la sonde en essai. Voir la référence [5] de la bibliographie pour plus de détails.
- f) Le facteur d'étalonnage peut être calculé avec l'équation suivante (A.1):

$$C_{f_dB} = 20 \log \left[\frac{h}{\pi Y(Y + 2h)} \right] - V_{p_dB} + V_{s_dB} - 34 \quad (\text{dB S/m}) \quad (\text{A.1})$$

où

- C_{f_dB} est le facteur d'étalonnage pour le champ magnétique (dB S/m),
 Y est la distance (m) entre la bande conductrice et le centre de la boucle de la sonde magnétique,
 h est l'épaisseur de l'isolant (m) de la carte à microruban utilisée pour l'étalonnage,
 V_{p_dB} est la tension de sortie de la sonde magnétique (dB V),
 V_{s_dB} est la tension de sortie du générateur de signal (dB V).

A.4 Calibration

- a) Measure the gain or loss of the test set-up. Include the pre-amplifier in this measurement, if used.
- b) Place the probe over the microstrip line so that the plane of the loop is perpendicular to the ground plane and parallel to the longitudinal axis of the microstrip line. The centre of the probe shall be located within $\pm 0,4$ mm distance from the centre of the microstrip line. The face angle of the probe shall be within a 5° deviation from the axis of the microstrip line. The distance from the microstrip line surface to the probe tip shall be maintained within $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. These restrictions on the probe placement shall be maintained to obtain calibration factors as accurately as possible. The maximum error for calibration factors under these restrictions is estimated to be less than $\pm 1,6 \text{ dB}$.

Sensitivity deviations of the probes with the dimensions specified in this document are regarded as less than $\pm 1,0 \text{ dB}$. Further information about the dependency on these placement factors is shown in annexes B, C and D, respectively.

- c) Connect a signal generator to one end of the microstrip line while a 50Ω terminal to the other end. Also, connect the cable from the magnetic probe connector to a spectrum analyzer as shown in figure A.2.
- d) Establish a field excitation around the reference microstrip line by the signal generator at one frequency in the frequency band of interest, and record the level of the RF signal induced in the probe as measured with the spectrum analyzer.
- e) Repeat the procedure above at other frequencies over the frequency range. These data can be used to plot a calibration curve for the probe under test. See reference [5] in the bibliography for details.
- f) The calibration factor can be calculated by the following equation (A.1):

$$C_{f_dB} = 20 \log \left[\frac{h}{\pi Y(Y + 2h)} \right] - V_{p_dB} + V_{s_dB} - 34 \quad (\text{dB S/m}) \quad (\text{A.1})$$

where

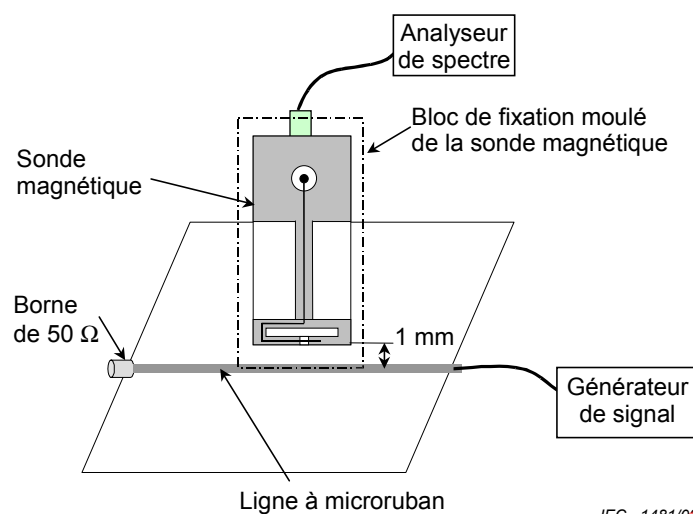
C_{f_dB} is the calibration factor for the magnetic field (dB S/m),

Y is the distance (m) between the strip conductor and the centre of the loop of the magnetic probe,

h is the insulator thickness (m) of the microstrip board used for calibration,

V_{p_dB} is the output voltage of the magnetic probe (dB V),

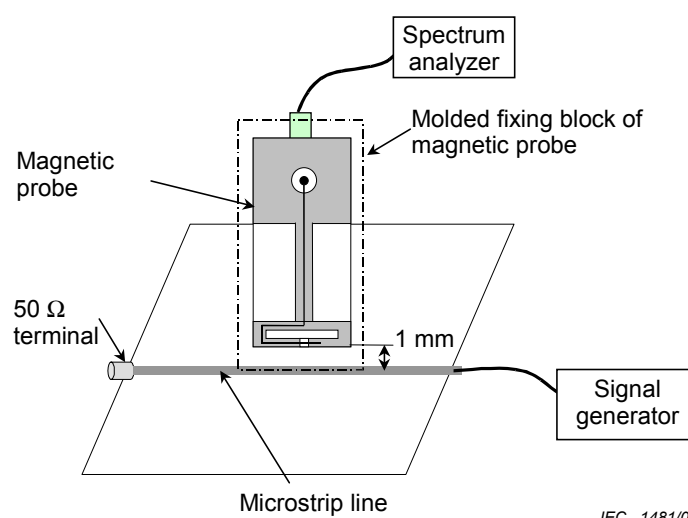
V_{s_dB} is the output voltage of the signal generator (dB V).



IEC 1481/02

NOTE Il convient qu'une perte de transmission de la ligne à microruban soit égale à la moitié de la perte totale lorsque la sonde magnétique est placée au centre de la ligne à microruban.

Figure A.2 – Montage de mesure pour l'étalonnage de la sonde



NOTE A transmission loss of the microstrip line should be half the overall loss when the magnetic probe is placed in the centre of the microstrip line.

Figure A.2 – Measurement set-up for probe calibration

Annexe B (informative)

Principe de mesure et facteur d'étalonnage

Il est bien établi que la densité de flux magnétique (B) autour du courant (I) qui circule dans un conducteur droit infini est donnée par l'équation suivante (B.1):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{T}) \quad (\text{B.1})$$

où

B est la densité de flux magnétique (T);

μ_0 est la perméabilité dans le vide;

I est le courant (A);

π est la constante circulaire (rapport de la circonférence d'un cercle sur son diamètre);

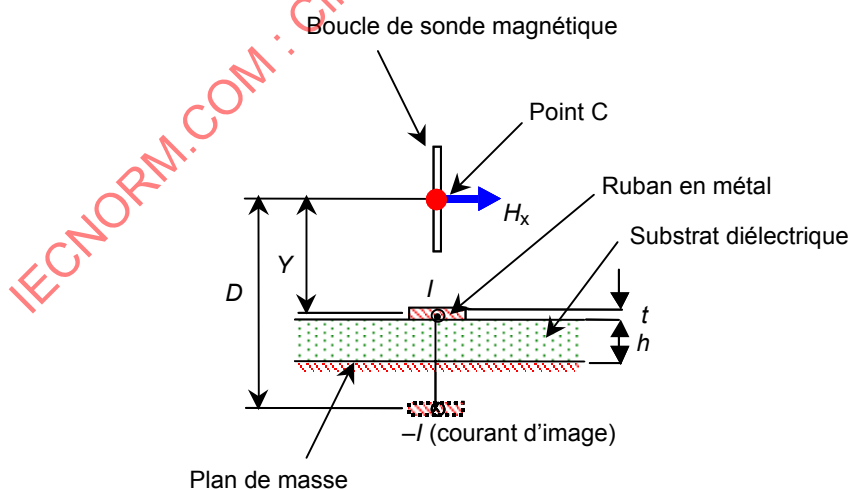
r est la distance la plus courte entre le courant de ligne et le point d'observation.

La relation entre B et le champ magnétique (H) peut être définie par l'équation suivante (B.2). L'équation (B.2) tient lorsque $t \ll h < Y < \text{longueur d'onde du courant}$.

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2\pi r} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.2})$$

où H est le champ magnétique (A/m).

Dans l'exemple suivant représenté à la figure B.1, le champ magnétique (H) sur une ligne à microruban peut être obtenu en appliquant l'équation (B.2).



IEC 1482/02

Figure B.1 – Vue en coupe de la ligne à microruban

En un point d'observation, (C), défini au centre de la boucle de la sonde magnétique à une distance de Y par rapport à l'axe de la bande conductrice, la composante horizontale (H_x) est obtenue en réalisant la somme des champs magnétiques générés par le courant I , qui circule dans la bande conductrice et par le courant d'image $-I$. Ainsi, le champ magnétique (H_x) peut être exprimé par l'équation (B.3) ci-dessous:

Annex B (informative)

Measurement principle and calibration factor

It is well known that magnetic flux density (B) around current (I) which flows in an infinitely long straight conductor is given by the following equation (B.1):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{T}) \quad (\text{B.1})$$

where

B is the magnetic flux density (T);

μ_0 is the permeability of vacuum;

I is the current (A);

π is the circular constant (ratio of a circle's circumference to its diameter);

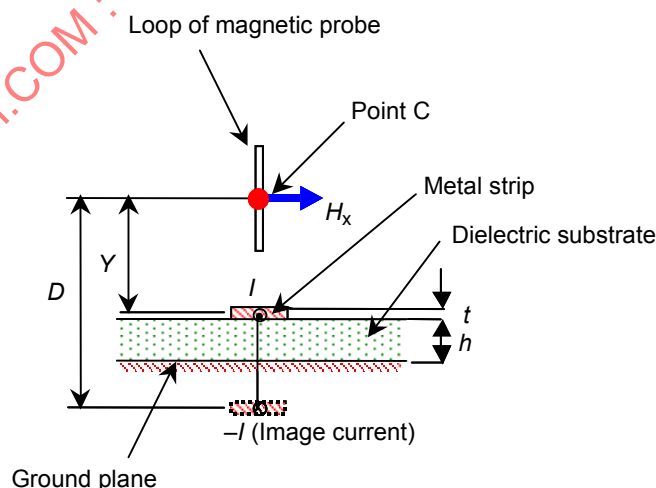
r is the shortest distance between line current and observing point.

The relationship between B and the magnetic field (H) can be defined by the following equation (B.2). Equation (B.2) holds when $t \ll h \ll Y \ll \text{wavelength of the current}$.

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2\pi r} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.2})$$

where H is the magnetic field (A/m).

In the following example shown in figure B.1, the magnetic field (H) over a microstrip line can be obtained by applying equation (B.2).



IEC 1482/02

Figure B.1 – Cross-sectional view of a microstrip line

At an observation point, (C), defined at the centre of the loop of the magnetic probe at a distance of Y from the axis of the strip conductor, the horizontal component (H_x) is obtained by summing up the magnetic fields generated by the current I , which is flowing in the strip conductor and by the image current $-I$. Thus, the magnetic field (H_x) can be expressed by equation (B.3) below:

$$H_x = \frac{I}{2\pi Y} - \frac{I}{2\pi D} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.3})$$

où

$$D = Y + 2h + t \quad (\text{m}) \quad (\text{B.4})$$

Y est la distance entre la bande conductrice et le point d'observation C (m);

D est la distance entre le courant d'image et le point d'observation C (m);

h est l'épaisseur du substrat diélectrique (m);

t est l'épaisseur de la bande conductrice (m).

En substituant l'équation (B.4) à l'équation (B.3) on obtient la formule suivante, qui détermine le champ magnétique (H_x) sur la ligne à microruban. L'équation (B.5) tient lorsque $t \ll h < Y \ll \text{longueur d'onde du courant}$.

$$H_x = \frac{(2h + t) I}{2\pi Y (Y + 2h + t)} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.5})$$

Si on prend l'hypothèse $t \ll h$, $t \ll Y$, alors l'équation (B.5) devient:

$$H_x = C_h I = \frac{h I}{\pi Y (Y + 2h)} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.6})$$

Ainsi, la relation entre H_x et I avec C_h comme constante de transfert est clarifiée et le courant (I) est donné par l'équation suivante (B.7):

$$I = H_x \frac{\pi Y (Y + 2h)}{h} \quad (\text{A}) \quad (\text{B.7})$$

Si on substitue les valeurs recommandées suivantes de la carte d'essai normalisée décrite dans cette norme dans l'équation (B.7), alors on obtient l'équation (B.8) comme suit:

$$t = 3,50 \times 10^{-5} \text{ (m)}, \quad Y = 0,0019175 + t_r = 1,93 \times 10^{-3} \text{ (m)}, \quad h = 6,00 \times 10^{-4} \text{ (m)}$$

où t_r est l'épaisseur du vernis épargné. Cependant, cette valeur est si faible qu'elle peut être ignorée dans la plupart des calculs de courant.

Ainsi,

$$H_x = 31,7 \times I \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.8})$$

En conséquence,

$$H_{x_dB} = 20 \log H_x = 30 + I_{_dB} \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.9})$$

$$I_{_dB} = H_{x_dB} - 30 \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.10})$$

où $I_{_dB}$ est la valeur de I en dB (dB A).

Ainsi, enlever 30 de H_{x_dB} donne le courant ($I_{_dB}$). Il s'agit d'une équation fondamentale pour la corrélation entre l'intensité du champ magnétique mesurée et le courant RF sur chaque ruban conducteur de mesure à évaluer.

Pour la carte à microruban avec une épaisseur différente de l'isolant (h), il convient d'utiliser une constante de transfert appropriée (C_h) comme représenté à la figure 12 à la place de 30 dans les équations (B.9) et (B.10).

$$H_x = \frac{I}{2\pi Y} - \frac{I}{2\pi D} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.3})$$

where

$$D = Y + 2h + t \quad (\text{m}) \quad (\text{B.4})$$

Y is the distance between the strip conductor and the observing point C (m);

D is the distance between the image current and the observing point C (m);

h is the thickness of the dielectric substrate (m);

t is the thickness of the strip conductor (m).

Substituting equation (B.4) into equation (B.3) yields the following formula, which determines the magnetic field (H_x) over the microstrip line. Equation (B.5) holds when $t \ll h \ll Y \ll$ wavelength of the current.

$$H_x = \frac{(2h + t) I}{2\pi Y (Y + 2h + t)} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.5})$$

If it is assumed that $t \ll h$, $t \ll Y$, then equation (B.5) becomes:

$$H_x = C_h I = \frac{h I}{\pi Y (Y + 2h)} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.6})$$

Thus, the relationship between H_x and I with C_h to be a transfer constant is clarified and the current (I) is given by the following equation (B.7):

$$I = H_x \frac{\pi Y (Y + 2h)}{h} \quad (\text{A}) \quad (\text{B.7})$$

When substituting the following recommended values of the standardized test board described in this standard into equation (B.7), then equation (B.8) is obtained as follows:

$$t = 3,50 \times 10^{-5} \text{ (m)}, \quad Y = 0,0019175 + t_r = 1,93 \times 10^{-3} \text{ (m)}, \quad h = 6,00 \times 10^{-4} \text{ (m)}$$

where t_r is the thickness of the resist. However, this value is so small that it may be ignored in most current calculations.

Accordingly

$$H_x = 31,7 \times I \quad (\text{A/m}) \quad (\text{B.8})$$

Consequently

$$H_{x_dB} = 20 \log H_x = 30 + I_{_dB} \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.9})$$

$$I_{_dB} = H_{x_dB} - 30 \quad (\text{dB A}) \quad (\text{B.10})$$

where $I_{_dB}$ is the I value in dB (dB A).

Thus, subtracting 30 from H_{x_dB} yields current ($I_{_dB}$). This is a fundamental equation to correlate the magnetic field intensity measured with the RF current on each measurement strip conductor to be evaluated.

For the microstrip board with a different insulator thickness (h), an appropriate transfer constant (C_h) shown in figure 12 should be used instead of 30 in equations (B.9) and (B.10).