

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 61967-3

Première édition
First edition
2005-06

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

**Partie 3:
Mesure des émissions rayonnées –
Méthode de scrutation surfacique**

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

**Part 3:
Measurement of radiated emissions –
Surface scan method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TS 61967-3:2005

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

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

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

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 61967-3

Première édition
First edition
2005-06

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

**Partie 3:
Mesure des émissions rayonnées –
Méthode de scrutation surfacique**

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

**Part 3:
Measurement of radiated emissions –
Surface scan method**

© IEC 2005 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 Termes et définitions	12
4 Généralités	12
5 Conditions d'essai	14
5.1 Généralités	14
5.2 Tension d'alimentation	14
5.3 Gamme de fréquences	14
6 Equipement d'essai	14
6.1 Généralités	14
6.2 Blindage	14
6.3 Appareil de mesure RF	14
6.4 Préamplificateur	16
6.5 Sonde de champ proche	16
6.6 Système de positionnement de la sonde et d'acquisition de données	16
7 Montage d'essai	18
7.1 Généralités	18
7.2 Configuration d'essai	18
7.3 PCB d'essai	22
7.4 Montage du logiciel de balayage	22
8 Procédure d'essai	22
8.1 Généralités	22
8.2 Conditions ambiantes	22
8.3 Vérification opérationnelle	22
8.4 Technique d'essai	22
9 Rapport d'essai	24
9.1 Généralités	24
9.2 Conditions de mesure	24
9.3 Conception et étalonnage de la sonde	24
9.4 Analyse des données	24
Annexe A (informative) Sondes discrètes de champs électrique et magnétique	26
A.1 Généralités	26
A.2 Description électrique de la sonde	26
A.3 Description physique de la sonde	28

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 General	13
5 Test conditions	15
5.1 General	15
5.2 Supply voltage.....	15
5.3 Frequency range	15
6 Test equipment.....	15
6.1 General	15
6.2 Shielding	15
6.3 RF measuring instrument	15
6.4 Preamplifier.....	17
6.5 Near field probe	17
6.6 Probe positioning and data acquisition system	17
7 Test set-up	19
7.1 General	19
7.2 Test configuration.....	19
7.3 Test PCB.....	23
7.4 Scan software set-up	23
8 Test procedure	23
8.1 General	23
8.2 Ambient conditions	23
8.3 Operational check	23
8.4 Test technique.....	23
9 Test report.....	25
9.1 General	25
9.2 Measurement conditions.....	25
9.3 Probe design and calibration	25
9.4 Data analysis	25
Annex A (informative) Discrete electric and magnetic field probes	27
A.1 General	27
A.2 Probe electrical description	27
A.3 Probe physical description.....	29

Annexe B (informative) Exemple de sondes de champs électrique et magnétique combinés	30
B.1 Généralités.....	30
B.2 Description électrique de la sonde.....	30
B.3 Description physique de la sonde	32
B.4 Système de mesure et d'acquisition de données	34
B.5 Mesures simplifiées et système d'acquisition de données.....	36
 Annexe C (informative) Etalonnage des sondes de champs proche	40
C.1 Généralités.....	40
C.2 Equipement d'essai	40
C.3 Montage d'étalonnage	42
C.4 Procédure d'étalonnage.....	44
 Annexe D (informative) Analyse des données à partir du balayage en surface de champ proche.....	48
D.1 Domaine d'application	48
D.2 Post-traitement.....	48
D.3 Energie totale.....	50
D.4 Impédance d'onde	50
D.5 Autres techniques d'analyse.....	50
 Bibliographie.....	52
 Figure 1 – Exemple de système de positionnement de la sonde.....	18
Figure 2 – Montage de mesure RF à une entrée (amplitude uniquement).....	18
Figure 3 – Montages de mesure RF à deux entrées (amplitude uniquement ou amplitude et phase)	20
Figure 4 – Montage de mesure RF à trois entrées (amplitude et phase).....	20
Figure A.1 – Schémas de sondes de champs électrique et magnétique	26
Figure A.2 – Fabrication de la sonde de champ électrique	28
Figure A.3 – Fabrication de la sonde de champ magnétique	28
Figure B.1 – Schéma de la sonde de champ électromagnétique.....	30
Figure B.2 – Fabrication de la sonde de champ électromagnétique.....	32
Figure B.3 – Vue d'ensemble de la mesure et du système d'acquisition de données	34
Figure B.4 – Détails de la mesure et du système d'acquisition de données	36
Figure B.5 – Mesure simplifiée et système d'acquisition de données.....	38
Figure C.1 – Ligne à microruban pour l'étalonnage (section).....	42
Figure C.2 – Ligne à microruban pour l'étalonnage (section).....	42
Figure C.3 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ électrique	42
Figure C.4 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ magnétique	44
Figure C.5 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ électromagnétique.....	44
Figure C.6 – Exemple de courbe d'étalonnage	46

Annex B (informative) Combined electric and magnetic field probe example	31
B.1 General	31
B.2 Probe electrical description	31
B.3 Probe physical description	33
B.4 Measurement and data acquisition system	35
B.5 Simplified measurement and data acquisition system	37
Annex C (informative) Calibration of near field probes	41
C.1 General	41
C.2 Test equipment	41
C.3 Calibration set-up	43
C.4 Calibration procedure	45
Annex D (informative) Analysing the data from near field surface scanning	49
D.1 General	49
D.2 Post processing	49
D.3 Total energy	51
D.4 Wave impedance	51
D.5 Other analysis techniques	51
Bibliography	53
Figure 1 – Example probe positioning system	19
Figure 2 – 1-Input RF measurement set-up (amplitude only)	19
Figure 3 – 2-Input RF measurement set-ups (amplitude only or amplitude and phase)	21
Figure 4 – 3-Input RF measurement set-up (amplitude and phase)	21
Figure A.1 – Electric and magnetic field probe schematics	27
Figure A.2 – Electric field probe construction	29
Figure A.3 – Magnetic field probe construction	29
Figure B.1 – Electromagnetic field probe schematic	31
Figure B.2 – Electromagnetic field probe construction	33
Figure B.3 – Measurement and data acquisition system overview	35
Figure B.4 – Measurement and data acquisition system details	37
Figure B.5 – Simplified measurement and data acquisition system	39
Figure C.1 – Microstrip line for calibration (cross-section)	43
Figure C.2 – Microstrip line for calibration (cross-section)	43
Figure C.3 – Electric field probe calibration set-up	43
Figure C.4 – Magnetic field probe calibration set-up	45
Figure C.5 – Electromagnetic field probe calibration set-up	45
Figure C.6 – Example calibration curve	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CIRCUITS INTÉGRÉS –
MESURE DES ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES,
150 kHz à 1 GHz –****Partie 3: Mesure des émissions rayonnées –
Méthode de scrutation surfacique**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, 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.

Les spécifications techniques 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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTEGRATED CIRCUITS –
MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS,
150 kHz to 1 GHz –****Part 3: Measurement of radiated emissions –
Surface scan method**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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 specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

La CEI 61967-3, qui est une spécification technique, 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 spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
47A/697/DTS	47A/709A/RVC

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

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

La présente partie de la CEI 61967 doit être lue conjointement avec la CEI 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: Généralités et définitions

Partie 2: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de cellule TEM et cellule TEM à large bande¹

Partie 3: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de scrutation surfacique

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

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

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 la date de maintenance²⁾ indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

¹ A publier.

²⁾ Pour la présente publication, les Comités nationaux sont priés de noter que la date de maintenance est 2010.

IEC 61967-3, which is a technical specification, has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

Enquiry draft	Report on voting
47A/697/DTS	47A/709A/RVC

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

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

This part of IEC 61967 is to be read in conjunction with IEC 61967-1.

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 and wideband TEM-cell method¹

Part 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method

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

Part 5: Measurement of conducted emissions – Workbench Faraday Cage method

Part 6: Measurement of conducted emissions – Magnetic probe method

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date²⁾ indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- transformed into an international standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

¹ To be published.

²⁾ The National Committees are requested to note that for this publication the maintenance result date is 2010.

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

Partie 3: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de scrutation surfacique

1 Domaine d'application

La présente procédure d'essai définit une méthode d'évaluation des champs proches électrique, magnétique ou électromagnétique émis à la surface ou près de la surface d'un circuit intégré (CI). Cette procédure de diagnostic est destinée à l'analyse architecturale du CI telle que la gestion de couches et l'optimisation de la distribution de puissance. Cette procédure d'essai s'applique aux mesures effectuées sur un CI monté sur tout circuit imprimé accessible à la sonde de balayage. Pour la comparaison des émissions de balayage en surface entre différents CI, il convient que la carte d'essai normalisée définie dans la CEI 61967-1 soit utilisée.

Cette technique peut fournir une configuration détaillée des sources RF internes du CI. La résolution de la mesure est déterminée par la capacité de la sonde de mesure et par la précision du positionneur de la sonde. Cette méthode est destinée à être utilisée sur la gamme de fréquences comprise entre 10 MHz et 1 GHz. Des limites de fréquence supérieure étendues sont possibles avec la technologie actuelle en matière de sondes mais n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente spécification.

La sonde est balayée mécaniquement selon une configuration programmée sur un plan parallèle ou perpendiculaire à la surface du CI. Les données sont traitées par ordinateur pour fournir une représentation en couleurs contrastées de l'intensité du champ à la fréquence de balayage.

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 60050(131):2002, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Partie 131: Théorie des circuits*

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

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

CEI 61967-6, *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 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method

1 Scope

This part of IEC 61967 provides a test procedure which defines a method for evaluating the near electric, magnetic or electromagnetic field components at or near the surface of an integrated circuit (IC). This diagnostic procedure is intended for IC architectural analysis such as floor planning and power distribution optimization. This test procedure is applicable to measurements from an IC mounted on any circuit board that is accessible to the scanning probe. For comparison of surface scan emissions between different ICs, the standardized test board defined in IEC 61967-1 should be used.

This technique is capable of providing a detailed pattern of the radio frequency (RF) sources internal to the IC. The resolution of the measurement is determined by the capability of the measurement probe and the precision of the probe positioner. This method is intended for use over the 10 MHz to 1 GHz frequency range. Extended upper frequency limits are possible with existing probe technology but are beyond the scope of this specification.

The probe is mechanically scanned according to a programmed pattern in a parallel or perpendicular plane to the IC surface. The data is computer processed to provide a colour-enhanced representation of the field strength at the scan frequency.

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 60050(131):2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 131: Circuit theory*

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electro-magnetic compatibility*

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

IEC 61967-6, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 6: Measurement of conducted emissions - Magnetic probe method*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions de la CEI 61967-1, de la CEI 60050(131) et de la CEI 60050(161) s'appliquent.

4 Généralités

Le balayage des champs électrique et magnétique sur la surface du CI fournit des informations sur la puissance relative des sources à l'intérieur du boîtier du CI. Cela fournit des comparaisons entre différentes architectures afin de faciliter les réductions des émissions RF du CI. La configuration des champs électrique et magnétique sur la surface du CI est liée au potentiel de rayonnement électromagnétique du CI et du module électronique dont il fait partie. Cependant, cette procédure a pour objet de fournir une mesure comparative des CI et non de prévoir des niveaux de champ lointain pour le CI ou pour son circuit imprimé.

La caractérisation d'un CI implique une série de balayages spatiaux à une seule fréquence. Chaque balayage peut accumuler des milliers de points de données à travers une puce ou un boîtier, en fonction du nombre d'emplacements de balayage. En raison de la précision et de la quantité requises des données mesurées, cette méthode d'essai utilise un positionnement de la sonde contrôlé par ordinateur et un système de mesure afin d'obtenir des données de sonde précises et reproductibles. Le logiciel de contrôle doit être formulé ou adapté pour contrôler les moteurs pas-à-pas de précision optique généralement utilisés dans de tels systèmes. Cette méthode nécessite également une quantité importante d'analyses et de manipulations des données généralement réalisées par des programmes de logiciels spécialisés. La durée de balayage dépendra du nombre de fréquences, du nombre d'emplacements au niveau desquels les émissions sont mesurées, et de la capacité du système de recueil de données. Cette procédure peut être adaptée à une utilisation avec d'autres systèmes de positionnement.

En raison du vaste ensemble de technologies en matière de traitement CI et de boîtiers et de leurs dimensions physiques, cette méthode d'essai ne spécifie pas une conception normalisée pour le système de positionnement de la sonde ou pour la sonde de champ proche. La conception du positionneur et de la sonde dépendra du nombre de variables y compris la gamme de fréquences de mesure souhaitée, la résolution spatiale, le type de champ et les caractéristiques des composants disponibles (tels que les moteurs pas-à-pas, etc.).

La résolution spatiale n'est pas spécifiée, mais est déterminée par la taille de pas du système de positionnement et les dimensions physiques de la sonde de champ proche. Les résolutions spatiales types sont mesurées en micromètres. La résolution spatiale réelle du montage d'essai doit être incluse dans le rapport d'essai.

La hauteur de la sonde au-dessus de la surface du CI n'est pas spécifiée. Les valeurs types sont 100 μm à 200 μm . La hauteur réelle de la sonde doit être incluse dans le rapport d'essai.

La taille de pas de la sonde n'est pas spécifiée. La taille de pas de la sonde doit être choisie de telle sorte que la résolution spatiale souhaitée soit obtenue tout en limitant le nombre de points au niveau desquels les données sont prises. La taille de pas peut être modifiée afin de se concentrer sur des zones particulières de la puce ou du boîtier.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions contained in IEC 61967-1, IEC 60050(131) and IEC 60050(161) apply.

4 General

The electric and magnetic fields measured by scanning over the surface of the IC yields information on the relative strength of sources within the IC package. This provides for comparisons between different architectures to facilitate reductions in RF emissions from the IC. The electric and magnetic field patterns over the surface of the IC are related to the electromagnetic radiation potential of the IC and of the electronic module of which it is a part. However, this procedure is intended to provide a comparative measure for ICs and not to predict far field levels for the IC or its circuit board.

Characterizing an IC involves a series of single-frequency spatial scans. Each scan may accumulate thousands of data points across a die or package depending on the number of scan locations. Because of the required precision and the amount of measured data, this test method uses a computer-controlled probe positioning and measurement system to achieve accurate and repeatable probe data. Control software must be written or adapted to control the optical, precision stepper motors typically used in such systems. This method also requires a large amount of data analysis and manipulation typically performed by specialized software programs. Scan time will depend on the number of frequencies, the number of locations at which emissions are measured, and the capability of the data collection system. This procedure may be adapted for use with any positioning system.

Due to the wide array of IC process and packaging technologies and their physical dimensions, this test method does not specify a standard design for the probe positioning system or the near field probe. The design of the positioner and the probe will depend on a number of variables including the desired measurement frequency range, spatial resolution, field type, and the performance of the available components (such as stepper motors, etc.).

Spatial resolution is not specified but is determined by the step size of the positioning system and the physical dimensions of the near field probe. Typical spatial resolutions are measured in micrometers. The actual spatial resolution of the test set-up shall be included in the test report.

The probe height above the IC surface is not specified. Typical values are 100 μm to 200 μm . The actual probe height shall be included in the test report.

The probe step size is not specified. The probe step size shall be chosen such that the desired spatial resolution is achieved while limiting the number of points at which data is taken. Step size can be modified to focus on particular areas of the die or package.

5 Conditions d'essai

5.1 Généralités

Les conditions d'essai doivent satisfaire aux exigences décrites dans la CEI 61967-1. De plus, les conditions d'essai suivantes doivent s'appliquer.

5.2 Tension d'alimentation

La tension d'alimentation doit être conforme aux spécifications du fabricant du CI. Si les utilisateurs de cette procédure sont d'accord sur d'autres valeurs, elles doivent figurer dans le rapport d'essai.

5.3 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences efficace de cette procédure sur les émissions rayonnées est comprise entre 10 MHz et 1 GHz.

6 Equipement d'essai

6.1 Généralités

L'équipement d'essai doit satisfaire aux exigences décrites dans la CEI 61967-1. De plus, les exigences suivantes relatives à l'équipement d'essai doivent s'appliquer.

6.2 Blindage

Un câble coaxial doublement blindé ou semi-rigide est requis. En fonction des conditions ambiantes locales, un fonctionnement dans un local blindé peut être nécessaire.

6.3 Appareil de mesure RF

L'appareil de mesure RF utilisé pour cette méthode d'essai dépendra du type de sonde choisie et de la génération ou non des informations de phase. En utilisant une sonde de champ électrique ou magnétique discrète et en mesurant uniquement l'amplitude des émissions, un dispositif à une entrée tel qu'un analyseur de spectre ou un récepteur doit être utilisé. Alternativement, une seule entrée d'un analyseur de réseaux peut être utilisée.

En utilisant une sonde de champ électrique ou magnétique discrète et en mesurant à la fois l'amplitude des émissions et la phase, un dispositif à deux entrées tel qu'un analyseur de réseaux doit être utilisé.

En utilisant une sonde de champ électromagnétique et en mesurant uniquement l'amplitude des émissions, un dispositif à deux entrées tel qu'un analyseur de réseaux doit être utilisé.

En utilisant une sonde de champ électromagnétique et/ou en mesurant à la fois l'amplitude des émissions et la phase, il convient d'utiliser un appareil de mesure du signal vectoriel RF tel que représenté à l'Article B.5.

L'analyseur de spectre ou la largeur de bande de résolution du récepteur doit être de 9 kHz ou 10 kHz et la largeur de bande vidéo ne doit pas être inférieure à trois fois la largeur de bande de résolution. L'appareil doit être configuré pour utiliser un détecteur de crête avec des mesures exprimées en dBμV [pour un système de 50 Ω: (indications en dBm) + 107 = dBμV]. Pour les analyseurs de spectre, la bande de fréquences étudiée doit être balayée en mode étalonné ou couplé (balayage automatique).

5 Test conditions

5.1 General

The test conditions shall meet the requirements as described in IEC 61967-1. In addition, the following test conditions shall apply.

5.2 Supply voltage

The supply voltage shall be as specified by the IC manufacturer. If the users of this procedure agree to other values, they shall be documented in the test report.

5.3 Frequency range

The effective frequency range of this radiated emissions procedure is 10 MHz to 1 GHz.

6 Test equipment

6.1 General

The test equipment shall meet the requirements as described in IEC 61967-1. In addition, the following test equipment requirements shall apply.

6.2 Shielding

Double shielded or semi-rigid coaxial cable is required. Depending on the local ambient conditions, operation in a shielded room may be required.

6.3 RF measuring instrument

The RF measuring instrument utilized for this test method will depend on the type of probe selected and whether or not phase information is to be generated. When utilizing a discrete electric or magnetic field probe and measuring only emission amplitude, a one-input device such as a spectrum analyser or receiver shall be used. Alternately, a single input of a network analyser may be used.

When utilizing a discrete electric or magnetic field probe and measuring both emission amplitude and phase, a two-input device such as a network analyser shall be used.

When using an electromagnetic field probe and measuring only emission amplitude, a two-input device such as a network analyser shall be used.

When utilizing an electromagnetic field probe and/or measuring both emission amplitude and phase, a RF vector signal measuring instrument such as shown in Clause B.5 should be used.

The spectrum analyser or receiver resolution bandwidth shall be 9 kHz or 10 kHz and the video bandwidth shall not be less than three times the resolution bandwidth. The instrument shall be configured to use a peak detector with measurements in units of dBμV [for 50 Ω system: (dBm readings) + 107 = dBμV]. For spectrum analysers, the frequency band of interest shall be swept in calibrated or coupled mode (auto sweep).

6.4 Préamplificateur

Un préamplificateur faible bruit, présentant un gain de 20 dB à 30 dB, peut être utilisé pour augmenter la sensibilité ou pour satisfaire aux exigences ambiantes de 8.2.

6.5 Sonde de champ proche

6.5.1 Généralités

La sonde de champ proche utilisée pour le balayage en surface peut prendre de nombreuses formes en fonction de la préférence de l'utilisateur, du type de champ à mesurer, des capacités de l'appareil d'essai de mesure et de la résolution spatiale souhaitée de la mesure. La conception, la fabrication et les caractéristiques des sondes de champ proche pour cette méthode ne sont pas spécifiées. L'utilisateur de cette méthode d'essai est responsable de la conception, de la fabrication et de l'étalonnage (si nécessaire) d'une sonde afin de satisfaire aux besoins de sa capacité d'essai spécifique ou aux exigences. Les différents types de sondes de champ proche sont exposés dans les paragraphes suivants.

6.5.2 Sonde de champ magnétique (H)

Pour les mesures du champ magnétique, une sonde de boucle magnétique miniature monotour est généralement utilisée. La sonde peut être fabriquée avec du fil, un câble coaxial, des conducteurs de carte de circuit imprimé (PCB), ou tout autre matériau adapté. Des exemples de sondes de champ magnétique sont présentés à l'Annexe A et dans la CEI 61967-6.

6.5.3 Sonde de champ électrique (E)

Pour les mesures du champ électrique, une sonde de champ électrique miniature est généralement utilisée. La sonde peut être fabriquée avec du fil, un câble coaxial, des conducteurs de carte de circuit imprimé (PCB), ou tout autre matériau adapté. Un exemple de sonde de champ électrique est présenté à l'Annexe A.

6.5.4 Sonde de champ électromagnétique (E/H)

Pour les mesures du champ électromagnétique combiné, une sonde de boucle magnétique miniature mono tour est généralement utilisée. La sonde peut être fabriquée avec du fil, un câble coaxial, des conducteurs de carte de circuit imprimé (PCB), ou tout autre matériau adapté. Un exemple de sonde de champ électromagnétique est présenté à l'Annexe B.

6.6 Système de positionnement de la sonde et d'acquisition de données

Un système de positionnement de la sonde de précision adapté et un système d'acquisition de données sont requis. Le système de positionnement de la sonde doit pouvoir déplacer la sonde selon au moins deux axes (parallèles à la surface du DEE) et il convient qu'il ait une précision de positionnement supérieure à la taille de pas minimale. Le système de positionnement de la sonde peut avoir une structure mécanique afin de faire tourner la sonde et est contrôlé par le système d'acquisition de données. Un exemple de système de positionnement de la sonde est présenté à la Figure 1. Même si cela n'est pas présenté à la Figure 1, le DEE est installé sur une PCB qui est généralement monté sur un dispositif d'essai afin d'améliorer la stabilité.

Le système d'acquisition de données est généralement un ordinateur équipé d'un logiciel adapté pour accepter les paramètres de balayage souhaités, contrôler l'appareil de mesure, contrôler le système de balayage de la sonde, et acquérir les données. Ces systèmes et tout logiciel de contrôle doivent être décrits dans le rapport d'essai.

6.4 Preamplifier

A 20 dB to 30 dB gain, low noise preamp may be used to increase sensitivity or to meet the ambient requirements in 8.2.

6.5 Near field probe

6.5.1 General

The near field probe employed for surface scanning can take many forms depending on user preference, the type of field to be measured, the capabilities of the measurement test equipment, and the desired spatial resolution of the measurement. The design, construction, and performance of near field probes for this method is not specified. It is the responsibility of the user of this test method to design, construct, and calibrate (if needed) a probe to meet the needs of their specific test capability or requirement. The different near field probe types are discussed in the following subclauses.

6.5.2 Magnetic (H) field probe

For magnetic field measurements, a single turn, miniature magnetic loop probe is typically used. The probe may be constructed from wire, coaxial cable, printed circuit board (PCB) traces, or any other suitable material. Examples of magnetic field probes are shown in Annex A and in IEC 61967-6.

6.5.3 Electric (E) field probe

For electric field measurements, a miniature electric field probe is typically used. The probe may be constructed from wire, coaxial cable, printed circuit board (PCB) traces or any other suitable material. An example electric field probe is shown in Annex A.

6.5.4 Electromagnetic (E/H) field probe

For combined electromagnetic field measurements, a single turn, miniature magnetic loop probe is typically used. The probe may be constructed from wire, coaxial cable, printed circuit board (PCB) traces, or any other suitable material. An example electromagnetic field probe is shown in Annex B.

6.6 Probe positioning and data acquisition system

A custom precision probe positioning system and data acquisition system are required. The probe positioning system shall be able to move the probe in at least two axes (parallel to the DUT surface) and should have a positioning accuracy greater than the minimum step size. The probe positioning system may have a mechanical structure to rotate the probe and is controlled by the data acquisition system. An example of a probe positioning system is shown in Figure 1. While not shown in Figure 1, the DUT is installed on a PCB that is typically mounted on a test fixture to improve stability.

The data acquisition system is typically a computer installed with software adapted to accept the desired scan parameters, control the measuring instrument, control the probe scanning system, and acquire the data. These systems and any controlling software shall be described in the test report.

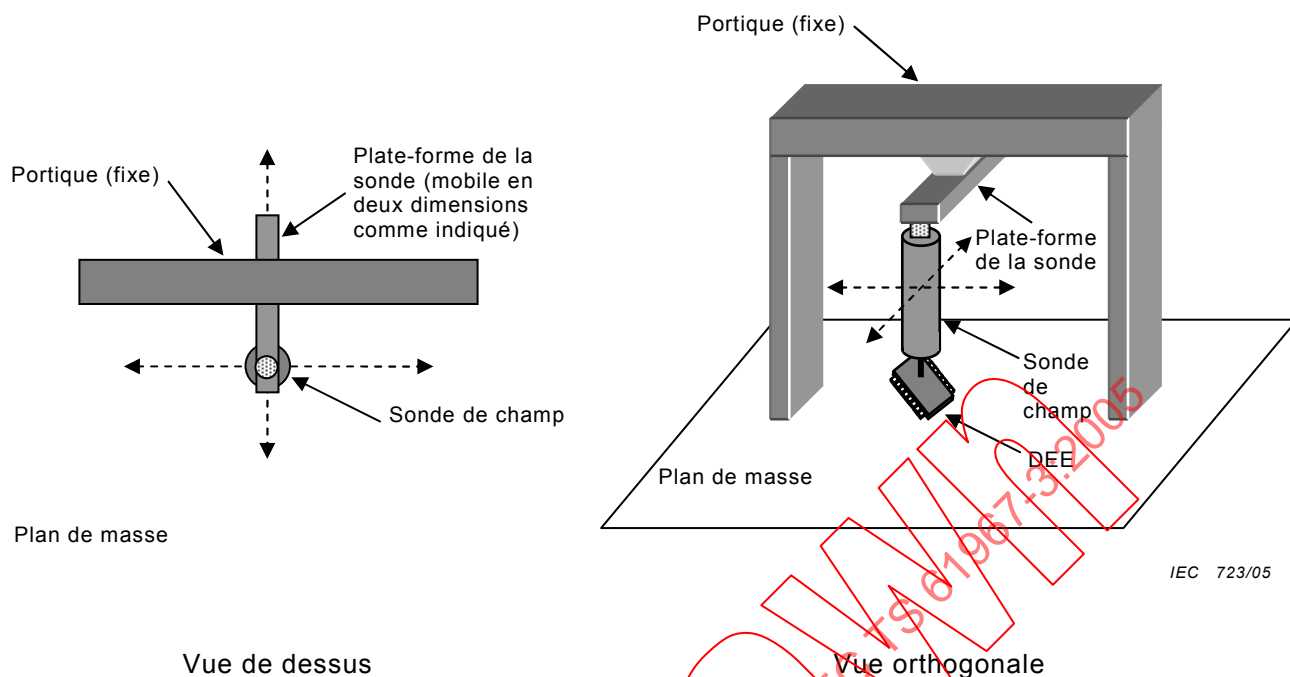


Figure 1 – Exemple de système de positionnement de la sonde

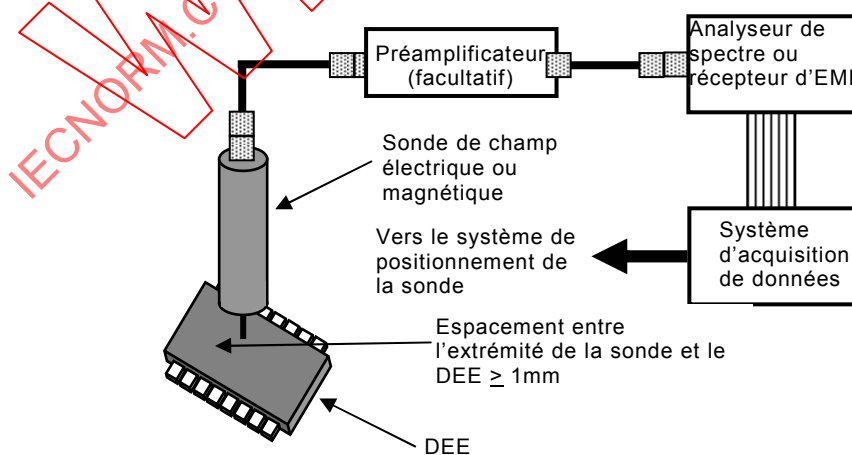
7 Montage d'essai

7.1 Généralités

Le montage d'essai doit satisfaire aux exigences décrites dans la CEI 61967-1. De plus, les exigences suivantes relatives au montage d'essai doivent s'appliquer.

7.2 Configuration d'essai

Les montages d'essai généraux sont présentés aux Figures 2, 3 et 4. La mesure de phase peut être ajoutée ou déduite des montages d'essai comme souhaité, à condition que l'appareil de mesure RF utilisé ait le nombre requis d'entrées.



IEC 724/05

Figure 2 – Montage de mesure RF à une entrée (amplitude uniquement)

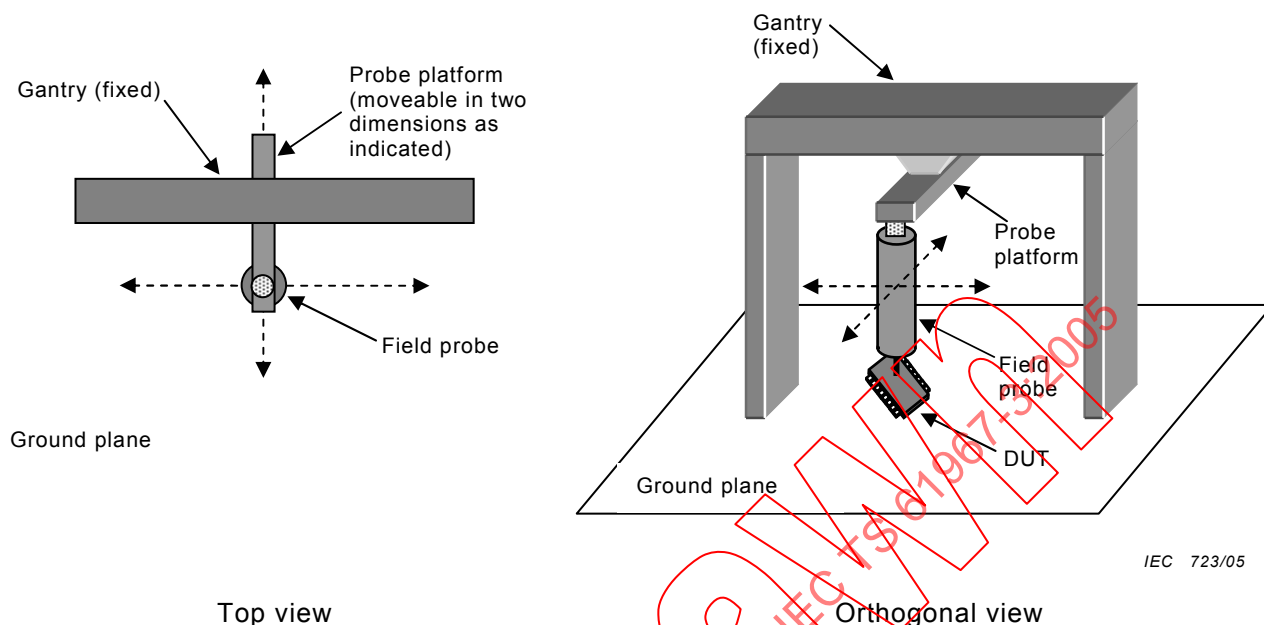


Figure 1 – Example probe positioning system

7 Test set-up

7.1 General

The test set-up shall meet the requirements as described in IEC 61967-1. In addition, the following test set-up requirements shall apply.

7.2 Test configuration

The general test set-ups are shown in Figures 2, 3 and 4. The phase measurement can be added or subtracted from the test set-ups as desired provided that the RF measuring instrument used has the required number of inputs.

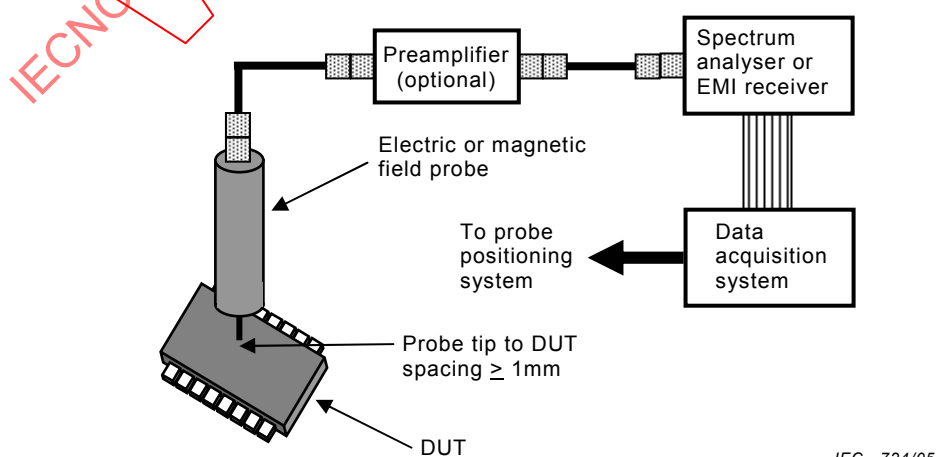
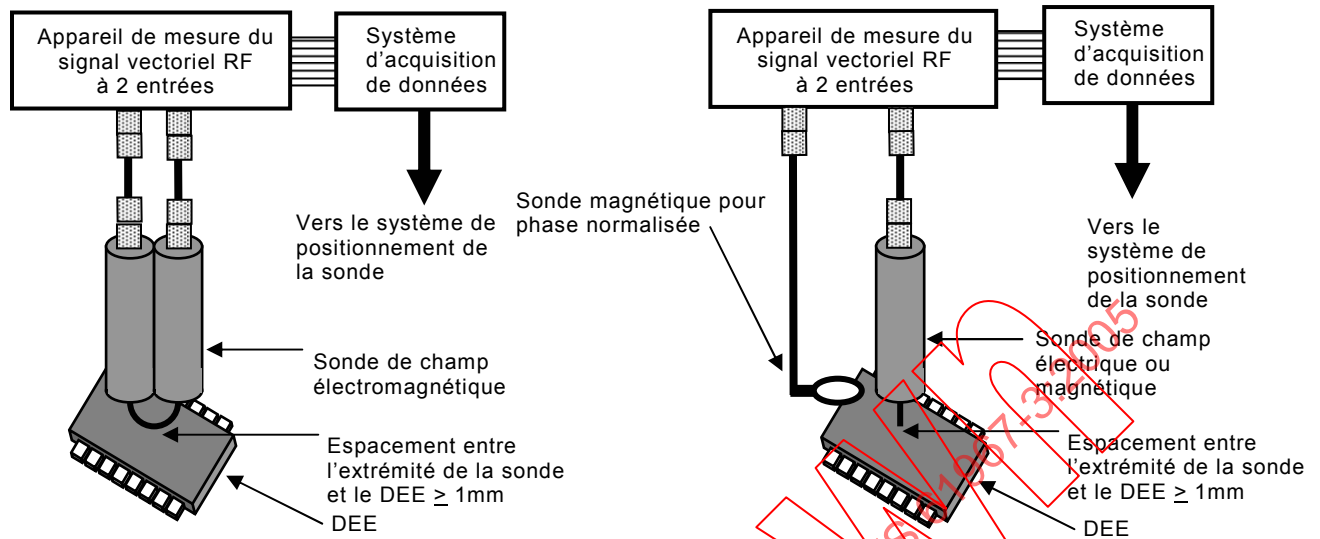
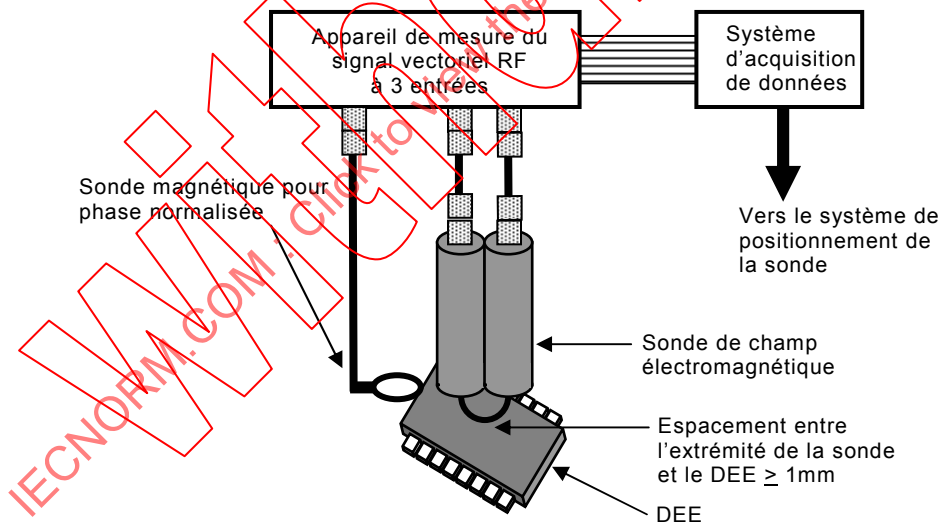


Figure 2 – 1-Input RF measurement set-up (amplitude only)



IEC 725/05

Figure 3 – Montages de mesure RF à deux entrées (amplitude uniquement ou amplitude et phase)



IEC 726/05

Figure 4 – Montage de mesure RF à trois entrées (amplitude et phase)

La PCB d'essai doit être fixe pour améliorer la répétabilité de l'essai. Cela peut être réalisé par l'utilisation d'un dispositif d'essai non conducteur ou par une autre méthode équivalente. La distance entre la sonde et le DEE est spécifiée comme ≥ 1 mm. L'espace réel de la sonde sera déterminé par la résolution spatiale de la sonde et le type de données rassemblées.

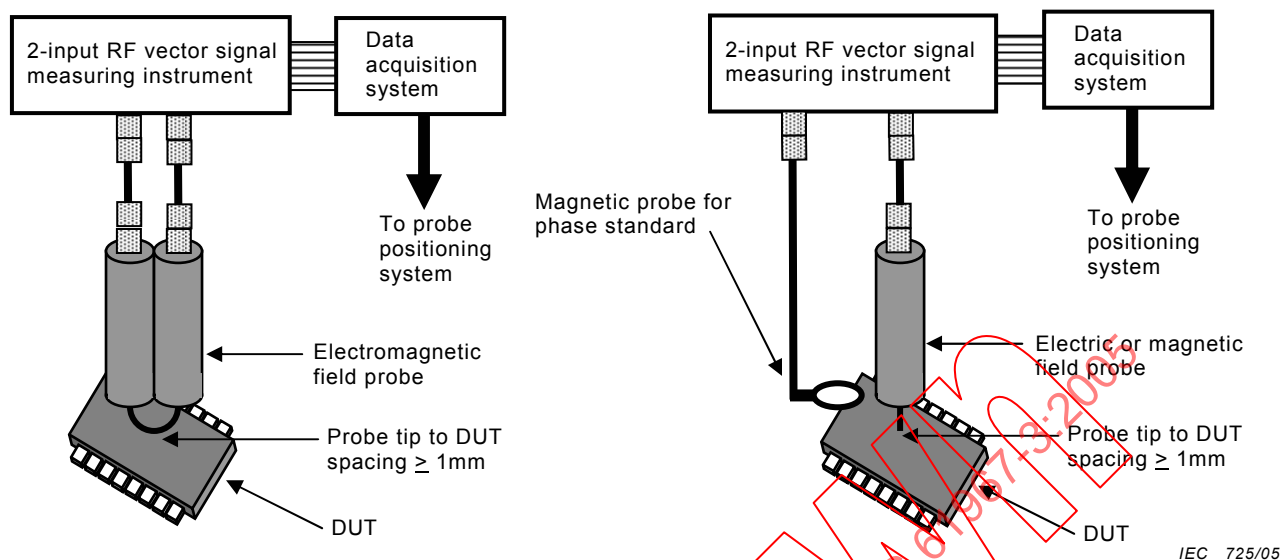


Figure 3 – 2-Input RF measurement set-ups (amplitude only or amplitude and phase)

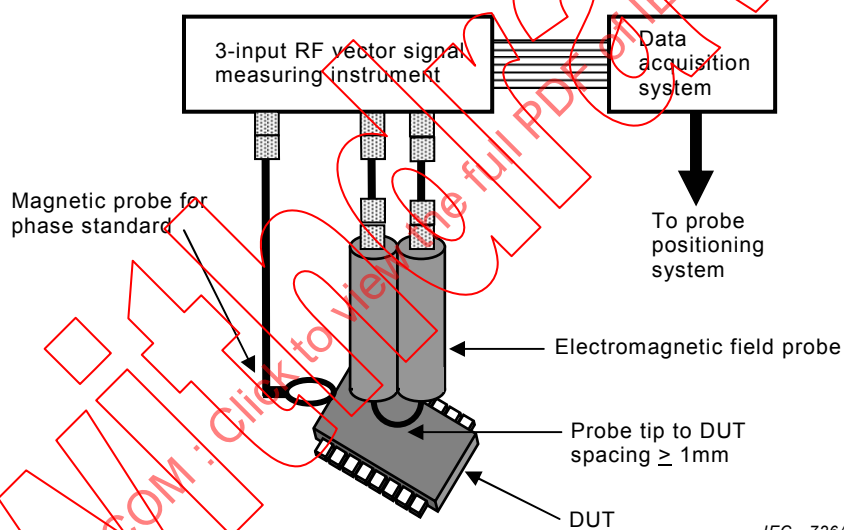


Figure 4 – 3-Input RF measurement set-up (amplitude and phase)

The test PCB shall be fixed on site to enhance test repeatability. This may be accomplished by the use of a non-conductive test fixture or other equivalent method. The distance from the probe to the DUT is specified as ≥ 1 mm. The actual probe spacing will be determined by the spatial resolution of the probe and the type of data being gathered.

Les informations de phase sont nécessaires pour calculer la répartition de courant sur le DEE. Si seule l'amplitude du champ rayonné est requise, les informations de phase ne sont pas nécessaires.

7.3 PCB d'essai

La PCB d'essai du CI peut être n'importe quelle PCB où le CI à balayer est accessible à la sonde de balayage. Si des CI multiples doivent être évalués à titre de comparaison, ils doivent être soumis aux essais tout en étant installés sur la même PCB d'application ou sur une PCB d'essai normalisée, conçue conformément à la CEI 61967-1.

7.4 Montage du logiciel de balayage

Après avoir monté le CI et sa PCB d'essai, vérifier que le logiciel de balayage est configuré pour les paramètres de balayage souhaités. Vérifier les limites de balayage par rapport au boîtier du DEE.

8 Procédure d'essai

8.1 Généralités

Ces conditions d'essai par défaut sont destinées à assurer un environnement d'essai cohérent. Si les utilisateurs de cette procédure sont d'accord sur d'autres conditions, elles doivent être documentées dans le rapport d'essai.

8.2 Conditions ambiantes

On doit vérifier que le niveau de bruit ambiant RF soit d'au moins 6 dB en dessous du ou des niveaux d'émissions le ou les plus bas à mesurer. Le DEE doit être installé dans le montage d'essai, tel qu'utilisé pour les essais. Le DEE ne doit pas être activé (par exemple tension d'alimentation déconnectée). Le bruit ambiant doit être mesuré à l'aide d'un balayage. Le rapport d'essai doit contenir une description des conditions ambiantes.

Lorsque les conditions ambiantes sont excessives, vérifier l'intégrité du système de mesure global, en particulier les câbles d'interconnexion et les connecteurs. Si nécessaire, utiliser une cage de Faraday, un préamplificateur de bruit inférieur ou une largeur de bande de résolution plus étroite.

8.3 Vérification opérationnelle

Mettre le DEE sous tension et procéder à une vérification opérationnelle complète afin de s'assurer du bon fonctionnement du dispositif (c'est-à-dire exécution du code d'essai du CI).

8.4 Technique d'essai

Avec la carte d'essai du CI sous tension et le DEE mis en fonctionnement dans le mode d'essai prévu, mesurer les émissions de champ proche à chaque fréquence souhaitée. Pour chaque fréquence de mesure, la sonde de champ proche doit être balayée sur la surface du CI ou du boîtier en utilisant le système de positionnement de la sonde et le logiciel pour commander la progression pas à pas de la sonde afin de fournir une configuration reproductible des emplacements de mesure. A chaque emplacement de mesure, les émissions de champ proche doivent être mesurées.

En utilisant un analyseur de spectre, activer la fonction "Max Hold" et permettre à l'analyseur d'effectuer un minimum de trois balayages pendant que la boucle du code du CI s'exécute. Il convient que le temps de balayage soit bien supérieur au temps d'exécution de la boucle du code du CI.

Phase information is needed in order to calculate the current distribution on the DUT. If only the magnitude of the radiated field is required, phase information is not needed.

7.3 Test PCB

The IC test PCB may be any PCB where the IC to be scanned is accessible to the scanning probe. If multiple ICs are to be evaluated for comparison purposes, they shall be tested while installed on the same application PCB or on a standardized test PCB designed in accordance with IEC 61967-1.

7.4 Scan software set-up

After the IC and its test PCB have been set up, verify that the scan software is configured for the desired scan parameters. Verify the scan limits with respect to the package of the DUT.

8 Test procedure

8.1 General

These default test conditions are intended to assure a consistent test environment. If the users of this procedure agree to other conditions, they shall be documented in the test report.

8.2 Ambient conditions

The ambient RF noise level shall be measured to establish the noise floor of the test setup. Measurement result are only considered reliable when at least 6 dB above the noise floor. The DUT shall be installed in the test set-up, as used for testing. The DUT shall not be activated (e.g. power supply voltage disconnected). A scan shall be made to measure the ambient noise. A description of the ambient shall be a part of the test report.

If the ambient is excessive, check the integrity of the overall measurement system, especially the interconnecting cables and connectors. If necessary, use a shielded enclosure, a lower noise preamplifier or a narrower resolution bandwidth.

8.3 Operational check

Energize the DUT and complete an operational check to assure proper function of the device (i.e. run the IC test code).

8.4 Test technique

With the IC test board energized and the DUT being operated in the intended test mode, measure the near field emissions at each desired frequency. For each measurement frequency, the near field probe shall be scanned over the surface of the IC or package using the probe positioning system and software to control the stepping of the probe to provide a repeatable pattern of measurement locations. At each measurement location, the near field emissions shall be measured.

When using a spectrum analyser, enable the "Max. hold" function and allow the analyser to perform a minimum of three sweeps while the IC code loop executes. The sweep time should be much greater than the IC code loop execution time.

NOTE Le réglage "Max Hold" sur un analyseur de spectre maintient le niveau maximal de chaque point de données de conducteur et met à jour chaque point si un nouveau niveau maximal est détecté lors de balayages successifs.

En utilisant un récepteur, rester à chaque emplacement d'essai pendant une durée supérieure ou égale à six fois le temps d'exécution de la boucle du code du CI et enregistrer le niveau maximal détecté.

Pour les sondes de champs magnétique et électromagnétique, deux séries de données par fréquence sont prises. Le CI est d'abord balayé avec la boucle de la sonde orientée le long d'un axe du dispositif. Le CI est ensuite balayé avec la boucle de la sonde orientée à 90° autour de son axe perpendiculaire à la surface du CI. Une combinaison de ces deux ensembles de données est ensuite effectuée. Pour une sonde de champ électrique, seule une série de données par fréquence est prise.

Les balayages peuvent être effectués sur un plan parallèle ou perpendiculaire à la surface du CI ou sur une série de plans afin de former une cartographie en trois dimensions. La fréquence de mesure peut être modifiée afin d'évaluer l'effet de la fréquence sur la configuration de la source interne du CI. La distance entre des plans de mesure multiples à partir de la surface du CI peut être modifiée afin de créer une cartographie en trois dimensions de la configuration des émissions du CI. Le plan balayé et la progression pas à pas de la sonde peuvent être déterminés arbitrairement pour la mesure.

Les données issues des balayages de la sonde de champ proche sont saisies et traitées afin d'évaluer les émissions de champ proche électrique ou magnétique provenant de la surface du CI. Les balayages peuvent être effectués sur un plan parallèle ou perpendiculaire à la surface du CI ou sur une série de plans afin de former une cartographie en trois dimensions.

9 Rapport d'essai

9.1 Généralités

Le rapport d'essai doit être conforme aux exigences de la CEI 61967-1. De plus, les exigences suivantes relatives au rapport d'essai doivent s'appliquer.

9.2 Conditions de mesure

Toutes les conditions de mesure doivent être documentées dans le rapport d'essai. Les conditions de mesure types comprennent la fréquence de balayage, la zone de balayage, la hauteur de la sonde de balayage, la grandeur du palier de balayage et l'orientation de la sonde.

9.3 Conception et étalonnage de la sonde

La conception physique de la sonde doit être décrite dans le rapport d'essai. Pour les données destinées à permettre la comparaison entre des dispositifs multiples, décrire la procédure et les résultats d'étalonnage.

9.4 Analyse des données

Les ensembles de données qui découlent de ces mesures de balayage en surface peuvent être très importants. En général, les ensembles de données de balayage sont traités et les couleurs sont contrastées afin de faciliter la visualisation des champs mesurés. Le traitement des données peut consister à calculer la moyenne linéaire de chaque ensemble et à régulariser la moyenne afin d'éliminer les erreurs systématiques dues à la réponse de la sonde en fonction de la fréquence. Une description de tout traitement de données utilisé doit être incluse dans le rapport d'essai. Voir l'Annexe D concernant les options d'analyse de données supplémentaires.

NOTE The “Max. hold” setting on a spectrum analyser maintains the maximum level of each trace data point and updates each point if a new maximum level is detected in successive sweeps.

When using a receiver, dwell at each test location for a time greater than or equal to six times the IC code loop execution time and record the maximum level detected.

For magnetic and electromagnetic field probes, two series of data per frequency are taken. First, the IC is scanned with the probe loop oriented along one axis of the device. Second, the IC is scanned with the loop probe rotated 90 ° about its axis perpendicular to the IC surface. These two sets of data are then combined. For an electric field probe, only one series of data per frequency is taken.

Scans can be made in a plane that is parallel or perpendicular to the surface of the IC or in a series of planes to form a three-dimensional mapping. The measurement frequency can be varied to evaluate the effect of frequency on the internal source pattern of the IC. The distance between multiple measurement planes from the surface of the IC can be varied to create a three-dimensional map of the emissions pattern of the IC. The scanned plane and the stepping of the probe can be determined arbitrarily for the purpose of measurement.

Data from the near field probe scans is captured and processed to evaluate the near electric or magnetic field emissions from the surface of the IC. Scans can be in a parallel or perpendicular plane to the IC surface or in a series of planes to form a three-dimensional mapping.

9 Test report

9.1 General

The test report shall be in accordance with the requirements of IEC 61967-1. In addition, the following test report requirements shall apply.

9.2 Measurement conditions

All measurement conditions shall be documented in the test report. Typical measurement conditions include scan frequency, scan area, scan probe height, scan step size, and probe orientation.

9.3 Probe design and calibration

The physical design of the probe shall be described in the test report. For data intended to allow comparison between multiple devices, describe the calibration procedure and results.

9.4 Data analysis

The data arrays that result from these surface scan measurements can be very large. Typically, the scan data arrays are processed and colour enhanced to facilitate the display of the measured fields. Data processing may include taking the linear mean of each array and mean normalizing to eliminate the bias due to probe response as a function of frequency. A description of any data processing used shall be included in the test report. See Annex D for additional data analysis options.

Annexe A (informative)

Sondes discrètes de champs électrique et magnétique

A.1 Généralités

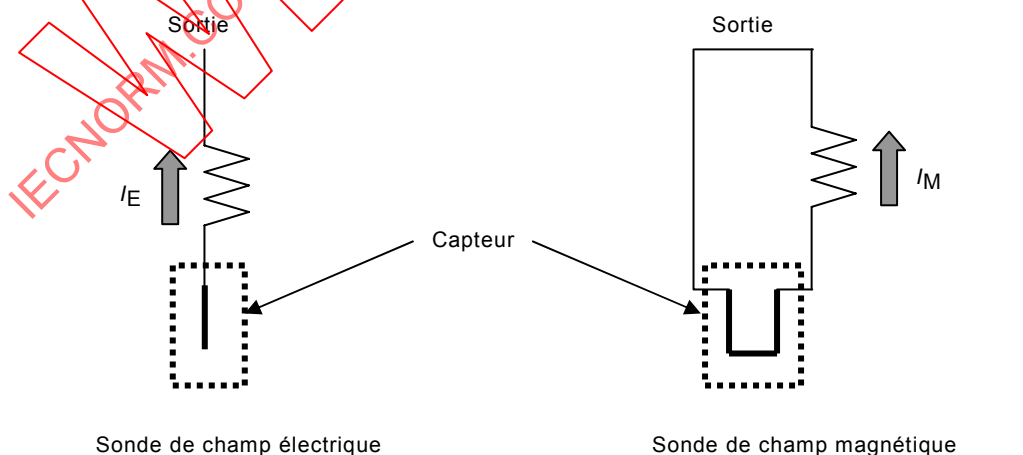
Les sondes discrètes de champs électrique et magnétique peuvent être utilisées à la place de la sonde de champ électromagnétique combiné afin d'effectuer des mesures de balayage en surface. L'utilisation d'une sonde discrète de champ électrique ou magnétique peut simplifier le montage d'essai et le traitement des données, à condition qu'elle remplisse les besoins de l'utilisateur. La conception et la fabrication des sondes discrètes de champs électrique et magnétique ne sont pas spécifiées pour permettre l'utilisation d'une variété de sondes afin de remplir les besoins spécifiques de l'utilisateur.

Le système de mesure et le programme de traitement de données utilisés pour rassembler et manipuler les données mesurées ne sont également pas spécifiés et varieront en fonction du type de sonde utilisée et des résultats souhaités.

La présente annexe donne des exemples de sondes discrètes de champs électrique et magnétique possibles et un exemple de système de mesure.

A.2 Description électrique de la sonde

Le circuit équivalent des sondes discrètes de champs électrique et magnétique et leurs sorties sont représentés à la Figure A.1. La figure illustre la façon dont les sondes de champ mesurent les champs électrique et magnétique. Les signaux de sortie provenant des sondes de champs électrique et magnétique sont induits par le champ électrique ou magnétique, respectivement. Le courant provenant du champ magnétique I_M est produit par le flux magnétique traversant la zone de la boucle. Le courant provenant du champ électrique I_E est induit par le champ électrique au niveau de l'élément de détection de la sonde de champ électrique.



IEC 727/05

Figure A.1 – Schémas de sondes de champs électrique et magnétique

Annex A (informative)

Discrete electric and magnetic field probes

A.1 General

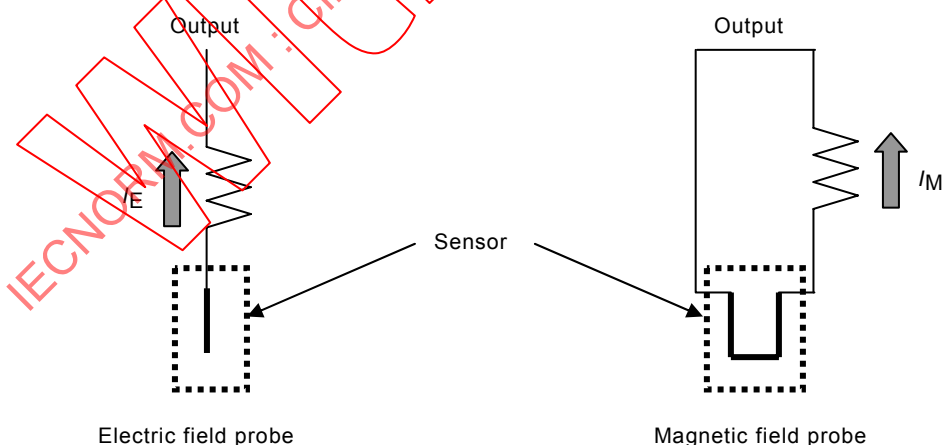
Discrete electric and magnetic field probes can be utilized instead of the combined electromagnetic field probe to perform surface scan measurements. Using a discrete electric or magnetic field probe can simplify the test set-up and data processing provided that it meets the needs of the user. The design and construction of the discrete electric and magnetic field probes is not specified to allow the use of a variety of probes to meet the specific needs of the user.

The measurement system and data processing program used to gather and manipulate measured data is also not specified and will vary depending on the type of probe used and the desired results.

This annex provides examples of possible discrete electric and magnetic field probes and an example measurement system.

A.2 Probe electrical description

The equivalent circuit of the discrete electric and magnetic field probes and their outputs are shown in Figure A.1. The figure illustrates how the field probes measure electric and magnetic fields. The outputs signals from the electric and magnetic field probes are induced by the electric or magnetic field, respectively. The current from magnetic field I_M is generated by magnetic flux crossing the area of the loop. The current from electric field I_E is induced by the electric field at the sensing element of the electric field probe.



IEC 727/05

Figure A.1 – Electric and magnetic field probe schematics

A.3 Description physique de la sonde

A.3.1 Généralités

Bien qu'il existe de nombreux moyens acceptables de fabriquer des sondes de champs électrique et magnétique utilisables, les sondes décrites à titre d'exemple dans les sections suivantes sont fabriquées à partir d'un câble coaxial semi-rigide de 0,5 mm (0,020 in). L'avantage de la fabrication du câble est la petite taille physique de la sonde qui en résulte et le contrôle d'impédance facile. Les problèmes avec la fabrication des câbles sont la difficulté de la fabrication et l'éventualité de dommages de la sonde.

A.3.2 Sonde de champ électrique

Un exemple de sonde de champ électrique est présenté à la Figure A.2. Le capteur du champ électrique est le conducteur intérieur. Noter qu'il convient d'étendre le conducteur extérieur du câble afin de recouvrir le conducteur intérieur.

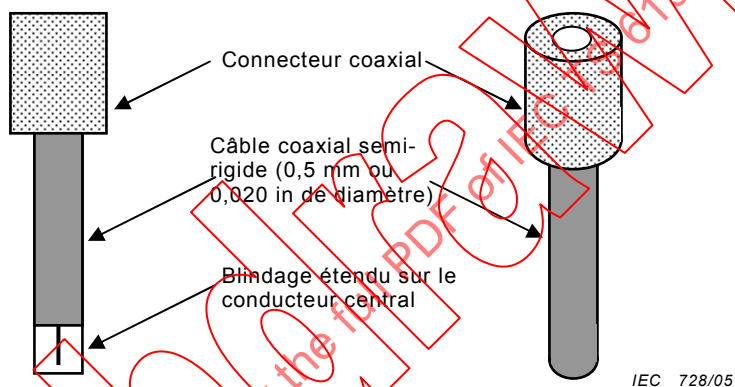


Figure A.2 – Fabrication de la sonde de champ électrique

A.3.3 Sonde de champ magnétique

Un exemple de sonde de champ magnétique est présenté à la Figure A.3. Le capteur du champ magnétique est la boucle simple formée par le conducteur intérieur et raccordée au conducteur extérieur.

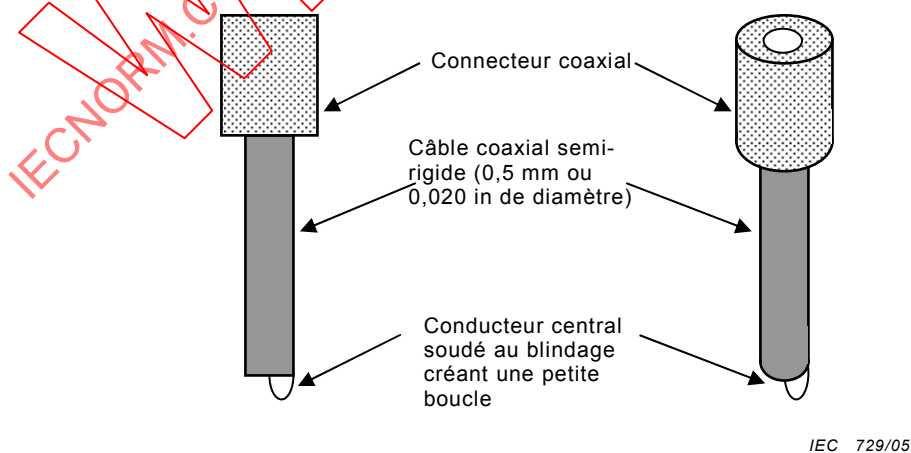


Figure A.3 – Fabrication de la sonde de champ magnétique

A.3 Probe physical description

A.3.1 General

While there are many acceptable ways to construct usable electric and magnetic field probes, the example probes described in the following sections are constructed of 0,5 mm (0,020 in) semi-rigid coaxial cable. The benefit of cable construction is the resulting small physical size of the probe and easy impedance control. Problems with cable construction include the difficulty of construction and the potential for probe damage.

A.3.2 Electric field probe

An example electric field probe is shown in Figure A.2. The electric field sensor is the inner conductor. Note that the outer conductor of the cable should be extended to cover the inner conductor.

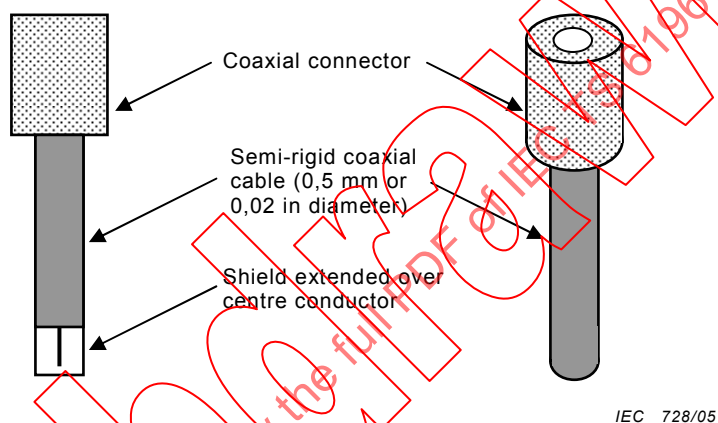


Figure A.2 – Electric field probe construction

A.3.3 Magnetic field probe

An example magnetic field probe is shown in Figure A.3. The magnetic field sensor is the single loop formed by the inner conductor and terminated to the outer conductor.

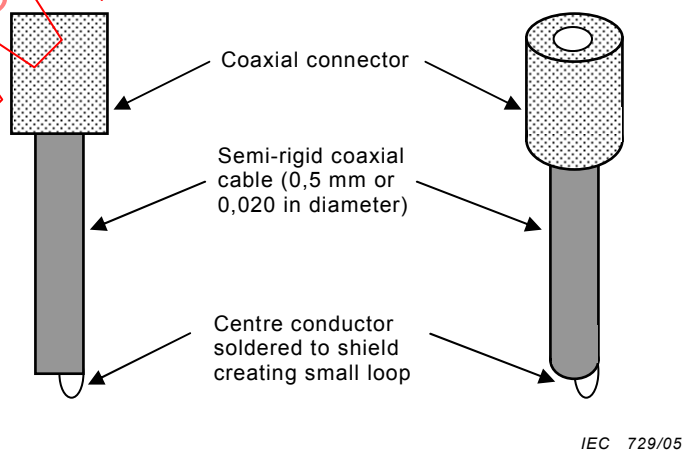


Figure A.3 – Magnetic field probe construction

Annexe B (informative)

Exemple de sondes de champs électrique et magnétique combinés

B.1 Généralités

Une sonde qui est capable de mesurer à la fois le champ magnétique et le champ électrique peut être utilisée à la place de sondes discrètes de champ magnétique et de champ électrique. La conception et la fabrication de la sonde de champs électrique et magnétique combinés ne sont pas spécifiées pour permettre l'utilisation d'une ou de plusieurs sondes afin de remplir les besoins spécifiques de l'utilisateur. Le système de mesure et le programme de traitement de données utilisés pour rassembler et manipuler les données mesurées ne sont également pas spécifiés et varieront en fonction du type de sonde utilisée et des résultats souhaités.

La présente annexe donne un exemple d'une sonde de champs électrique et magnétique combinés possible et un exemple de système de mesure.

B.2 Description électrique de la sonde

Le circuit équivalent de la sonde de champs électrique et magnétique (électromagnétique) combinés et de sa sortie est représenté à la Figure B.1. La figure illustre la façon dont le capteur mesure les champs électrique et magnétique. Les signaux de sortie provenant du capteur sont induits à la fois par les champs électrique et magnétique. Le courant provenant du champ magnétique I_M est produit par le flux magnétique traversant la boucle. Les sorties résultantes induites par le champ magnétique ont la même amplitude, mais vont dans des directions opposées au niveau des emplacements A et B. Le courant provenant du champ électrique I_E est induit par le champ électrique au niveau de l'élément de détection. Les sorties résultantes provenant du champ électrique ont également la même amplitude, mais vont dans la même direction au niveau des emplacements A et B.

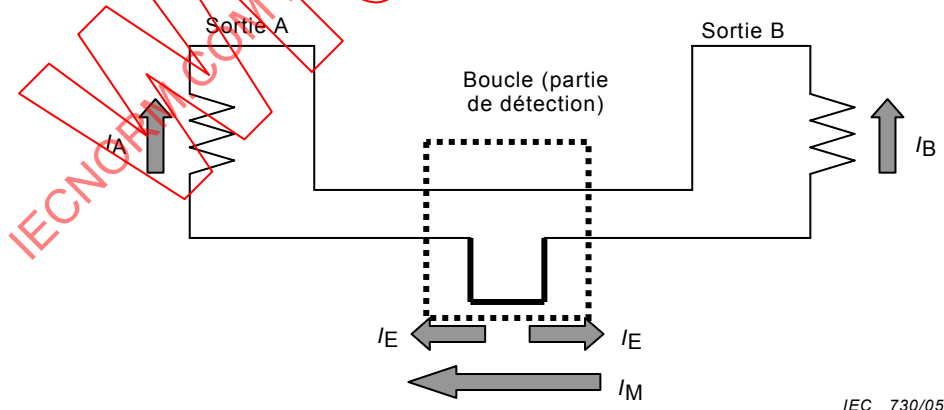


Figure B.1 – Schéma de la sonde de champ électromagnétique

Annex B (informative)

Combined electric and magnetic field probe example

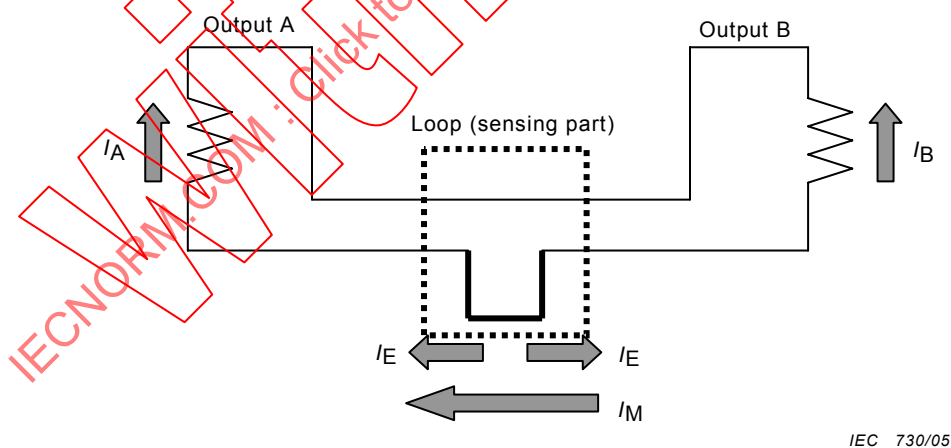
B.1 General

A probe that combines the capability of both magnetic field and electric field measurements can be utilized instead of discrete magnetic field and electric field probes. The design and construction of the combined electric and magnetic field probe is not specified to allow the use of a probe or probes to meet the specific needs of the user. The measurement system and data processing program used to gather and manipulate measured data is also not specified and will vary depending on the type of probe used and the desired results.

This annex provides one example of a possible combined electric and magnetic field probe and an example measurement system.

B.2 Probe electrical description

The equivalent circuit of the combined electric and magnetic (electromagnetic) field probe and its outputs is shown in Figure B.1. The figure illustrates how the sensor measures electric and magnetic fields. The outputs signals from the sensor are induced by both electric and magnetic fields. The current from magnetic field I_M is generated by magnetic flux crossing the loop. The resulting outputs induced by the magnetic field have the same magnitude but are opposite in direction at locations A and B. The current from electric field I_E is induced by the electric field at the sensing element. The resulting outputs from the electric field also have the same magnitude but flow in the same direction at locations A and B.



IEC 730/05

Figure B.1 – Electromagnetic field probe schematic

Par conséquent, les courants induits au niveau des sorties A et B sont

$$I_A = I_E + I_M$$

$$I_B = I_E - I_M$$

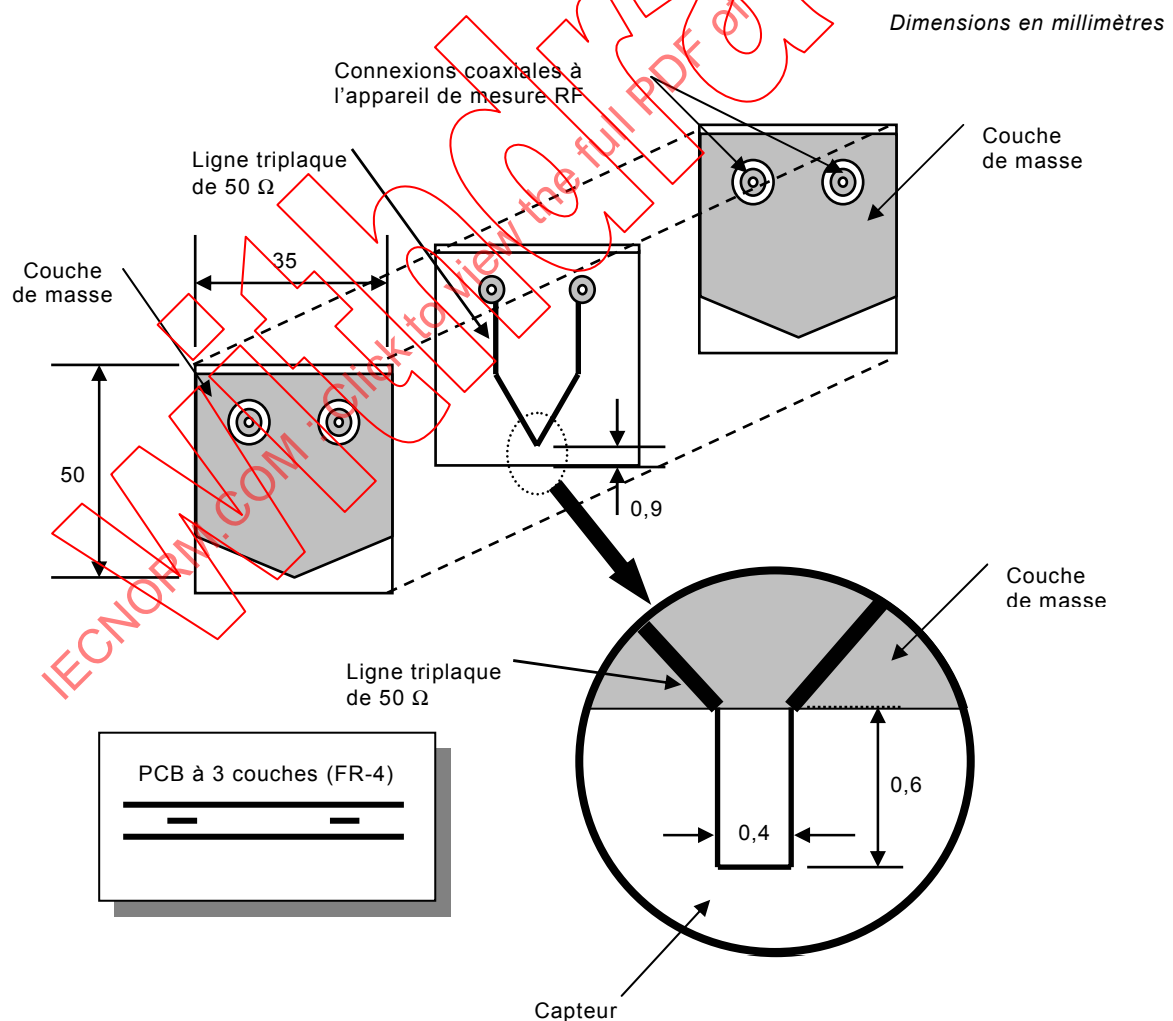
En calculant la somme vectorielle et la différence de ces sorties, le courant induit par le champ magnétique peut être séparé du courant induit par le champ électrique.

$$I_E = (I_A + I_B)/2$$

$$I_M = (I_A - I_B)/2$$

B.3 Description physique de la sonde

Bien qu'il existe de nombreux moyens acceptables de fabriquer une sonde de champ électromagnétique utilisable, la sonde donnée ci-dessous à titre d'exemple est fabriquée sur une carte de circuit imprimé à 3 couches, comme représenté à la Figure B.2. Le capteur se compose d'une ligne de 0,2 mm formée dans la couche centrale de la carte, dont les deux sorties sont connectées à un appareil de mesure par l'intermédiaire de lignes triplaques de 50 Ω. Les avantages de la fabrication de la PCB sont la capacité à incorporer un isolant pour satisfaire à l'exigence de 1 mm, la facilité de la fabrication et la robustesse de la sonde.



IEC 731/05

Figure B.2 – Fabrication de la sonde de champ électromagnétique

Therefore, the induced currents at outputs A and B are

$$I_A = I_E + I_M$$

$$I_B = I_E - I_M$$

By calculating the vector sum and difference of these outputs, the current induced by the magnetic field can be separated from the current induced by the electric field.

$$I_E = (I_A + I_B)/2$$

$$I_M = (I_A - I_B)/2$$

B.3 Probe physical description

While there are many acceptable ways to construct a usable electromagnetic field probe, the example probe below is constructed on a 3-layer printed circuit board as shown in Figure B.2. The sensor consists of a 0,2 mm line formed in the centre layer of the board, the two outputs of which are connected to a measurement instrument via 50 Ω strip lines. The benefits of PCB construction are the ability to incorporate a spacer to meet the 1 mm requirement, the ease of fabrication, and probe ruggedness.

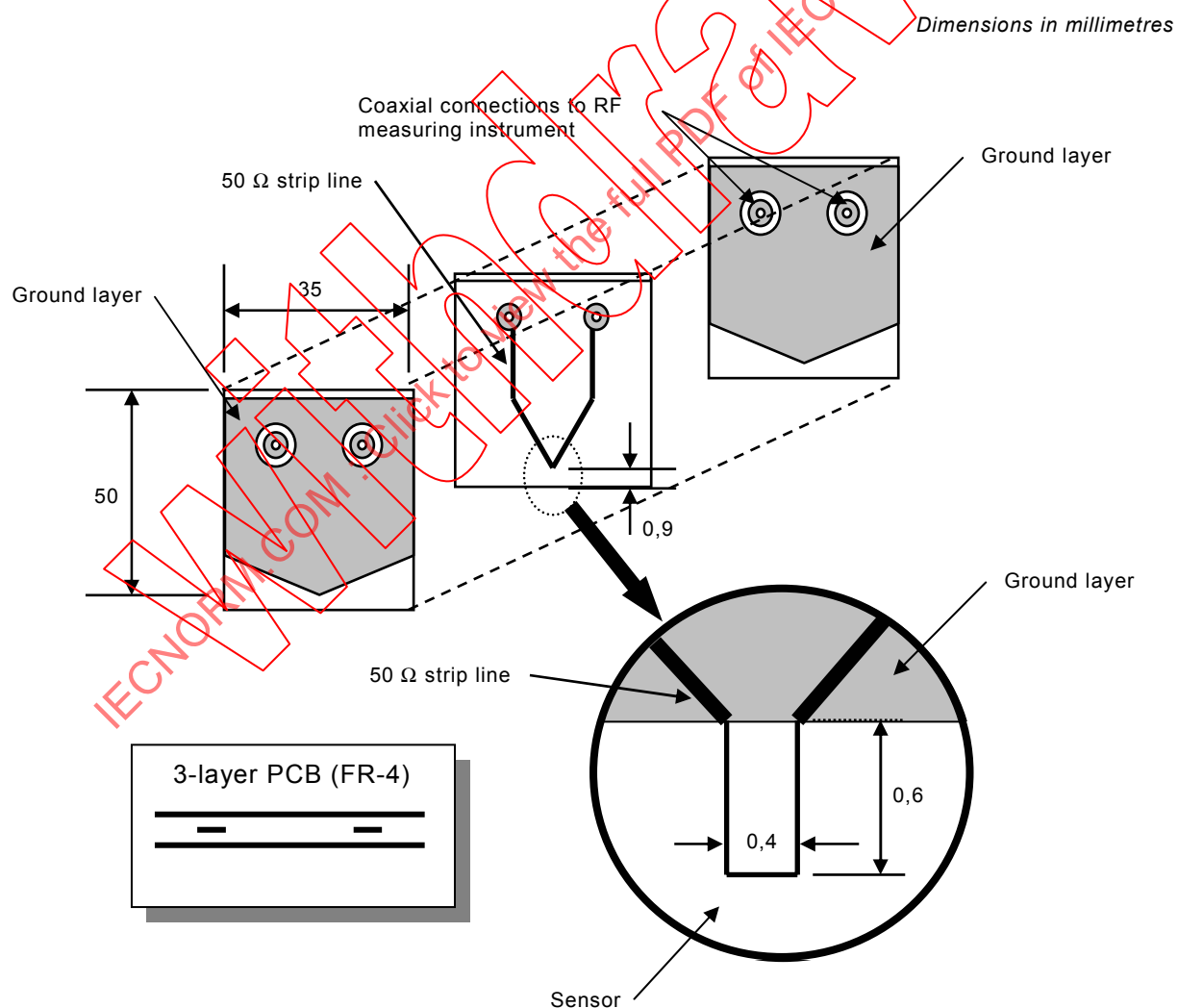
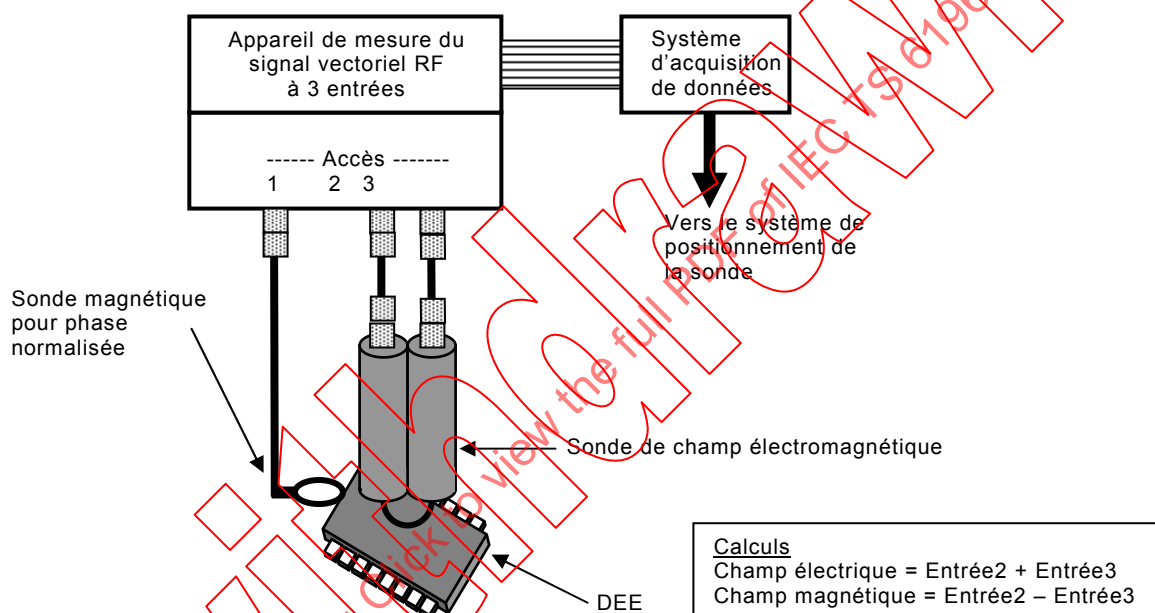


Figure B.2 – Electromagnetic field probe construction

B.4 Système de mesure et d'acquisition de données

Un exemple de système de traitement de données est représenté à la Figure B.3 et les détails sont représentés à la Figure B.4. L'appareil de mesure du signal vectoriel RF à 3 entrées est utilisé pour mesurer le signal d'entrée, qui est abaissé à la fréquence intermédiaire (FI) et numérisé par un convertisseur analogique-numérique (A/D). Tous les signaux d'entrée sont synchronisés à l'aide du même oscillateur local et du même signal d'horloge. Cela assure le maintien des informations de phase relatives pour chacune des trois entrées. En utilisant les informations de phase relatives, nous pouvons calculer la somme vectorielle et soustraire la différence entre les entrées.

Le système d'acquisition de données collecte les données mesurées et effectue une transformée rapide de Fourier (FFT) pour déduire l'amplitude du signal, la fréquence et les informations de phase. Les données peuvent être manipulées afin d'obtenir la présentation souhaitée.



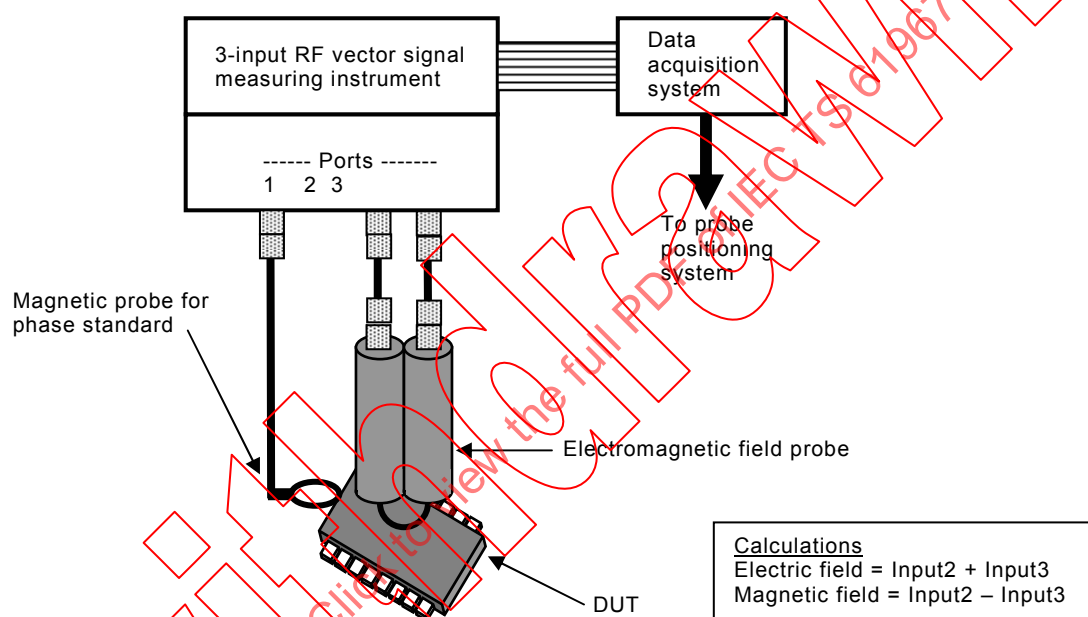
IEC 732/05

Figure B.3 – Vue d'ensemble de la mesure et du système d'acquisition de données

B.4 Measurement and data acquisition system

An example data processing system is shown in Figure B.3 with details shown in Figure B.4. The 3-input RF vector signal measuring instrument is used to measure the input signal, which is down-converted to an intermediate frequency (IF) and digitized by an analogue-to-digital (A/D) converter. All input signals are synchronized using the same local oscillator and clock signal. This ensures that the relative phase information for all three inputs is maintained. By using the relative phase information, we can calculate vector sum and subtract the difference between inputs.

The data acquisition system collects the measured data and performs a Fast Fourier Transform (FFT) to derive the signal magnitude, frequency and phase information. The data can be manipulated to achieve the desired presentation.



IEC 732/05

Figure B.3 – Measurement and data acquisition system overview

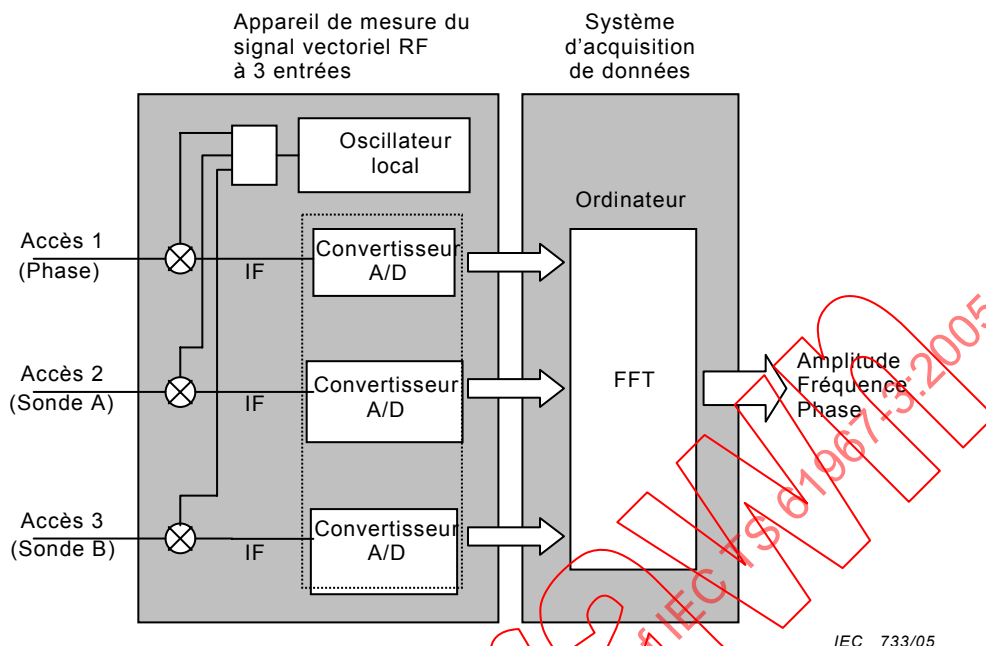


Figure B.4 – Détails de la mesure et du système d'acquisition de données

B.5 Mesures simplifiées et système d'acquisition de données

Un exemple de système de traitement de données simplifié est représenté à la Figure B.5. A la place de l'appareil de mesure du signal vectoriel RF à 3 entrées, les deux signaux de sortie de la sonde sont connectés à un symétriseur large bande de type coaxial puis à un analyseur de spectre. La sortie à l'accès somme du symétriseur est proportionnel au champ électrique tandis que la sortie à l'accès différence est proportionnel au champ magnétique. Lors de la mesure d'un des deux accès de sortie, l'autre accès de sortie doit être relié à une charge 50Ω pour éviter les effets de réflexion.

Pour obtenir séparément les sorties des champs électriques et magnétiques, le système d'acquisition doit avoir des caractéristiques équilibrées.

Les exigences pour le symétriseur sont les suivantes:

- a) Largeur de bande: supérieure à la bande de fréquence convenable (5-1000 MHz)
- b) Equilibrage d'amplitude: 1,0 dB maximum (0,8 dB) Max)
- c) Equilibrage de phase: 5° maximum (5°)
- d) Isolation: 20 dB minimum (22 dB)

NOTE Les valeurs entre parenthèses figurant ci-dessus sont les spécifications d'un symétriseur donné en exemple – le modèle R&K HYB-3.

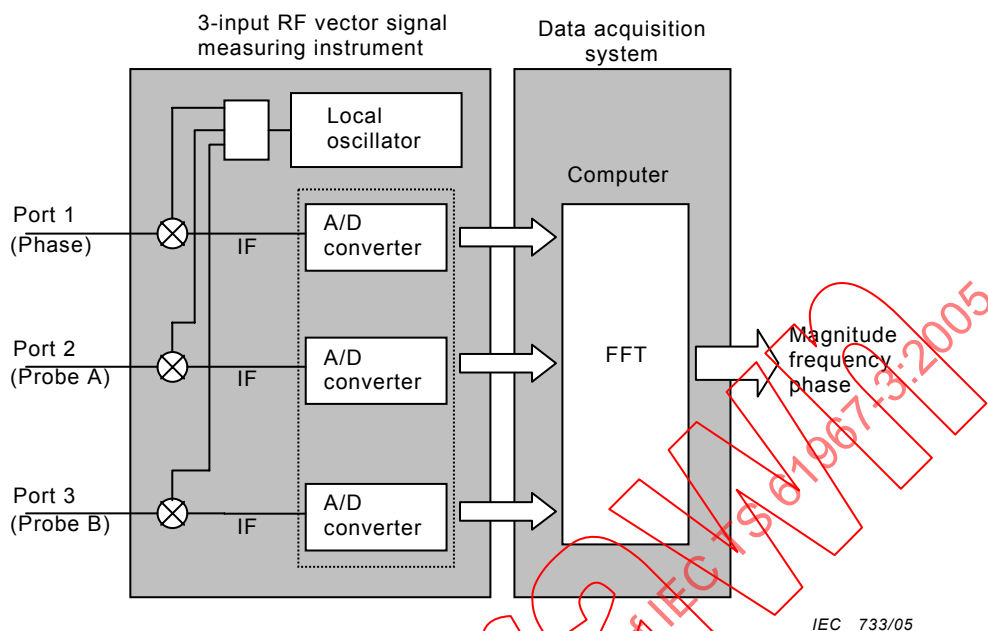


Figure B.4 – Measurement and data acquisition system details

B.5 Simplified measurement and data acquisition system

An example of a simplified data processing system is shown in Figure B.5. Instead of the 3-input RF vector signal measuring instrument, the two output signals of the probe are connected to a coaxial-type wide-band hybrid balun and then to a spectrum analyzer. The output from the sum port of the balun is proportional to the electric field, while the output from the difference port is proportional to the magnetic field. When measuring one of the two output ports, the other output port should be terminated with a 50 Ω load to avoid the effects of reflection.

To obtain the outputs for electric and magnetic fields separately, the acquisition system should have balanced characteristics. Therefore, the two cables between the probe and the balun inputs should have the same electric length.

Requirements for the balun are as follows:

- Band-width: wider than the frequency range of the interest (5 – 1000 MHz)
- Amplitude balance: 1,0 dB maximum (0,8 dB Max)
- Phase balance: 5° maximum (5°)
- Isolation: 20 dB minimum (22 dB)

NOTE Values shown in parentheses above are the specifications for an example balun – the R&K model HYB-3.

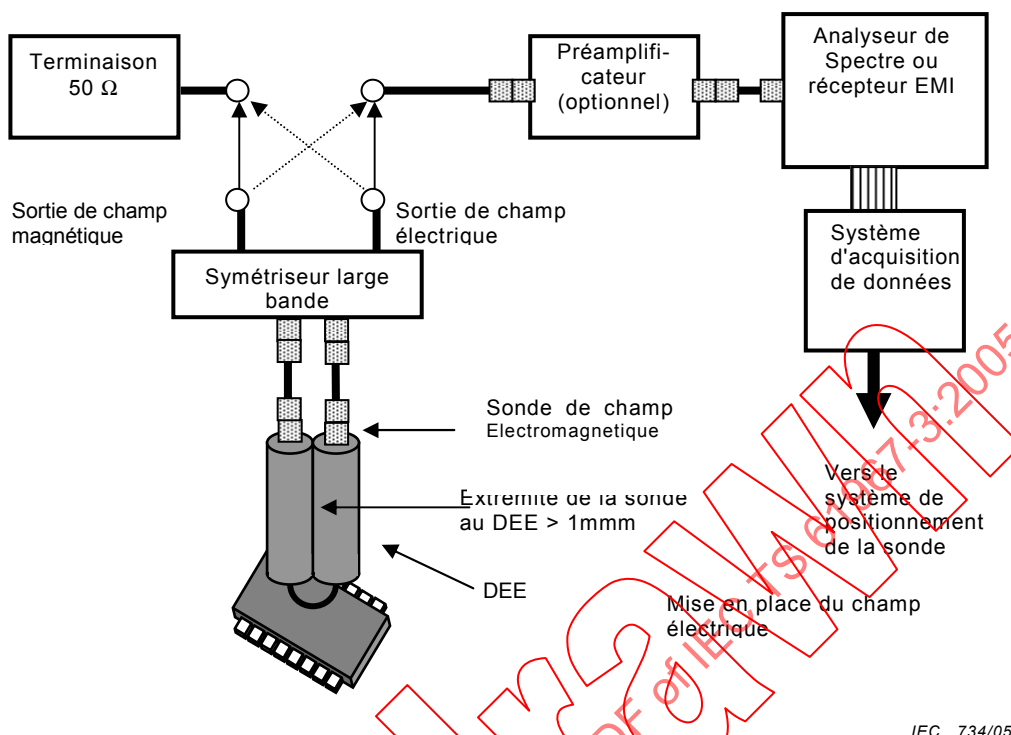


Figure B.5 – Mesure simplifiée et système d'acquisition de données

Pour la mesure du champ magnétique, deux séries de données séparées par une rotation de 90° (par exemple les composants x et y du champ magnétique) sont considérées. Les deux séries de données sont ensuite combinées afin d'obtenir l'amplitude du champ magnétique, qui est proportionnelle au courant de surface. Dans le système de mesure, les deux signaux sont ajoutés puis soustraits par le symétriseur, et de ce fait l'entrée de référence pour la mesure de phase n'est pas requise. Cependant, dans ce cas, la différence de phase relative n'est pas mesurée, et de ce fait l'orientation du vecteur de champ magnétique ne peut pas être déterminée. Si l'orientation du champ magnétique et/ou la direction de circulation du courant qui est perpendiculaire à l'orientation du champ magnétique sont requises, il convient que la mesure sensible à la phase décrite dans la section précédente soit utilisée.

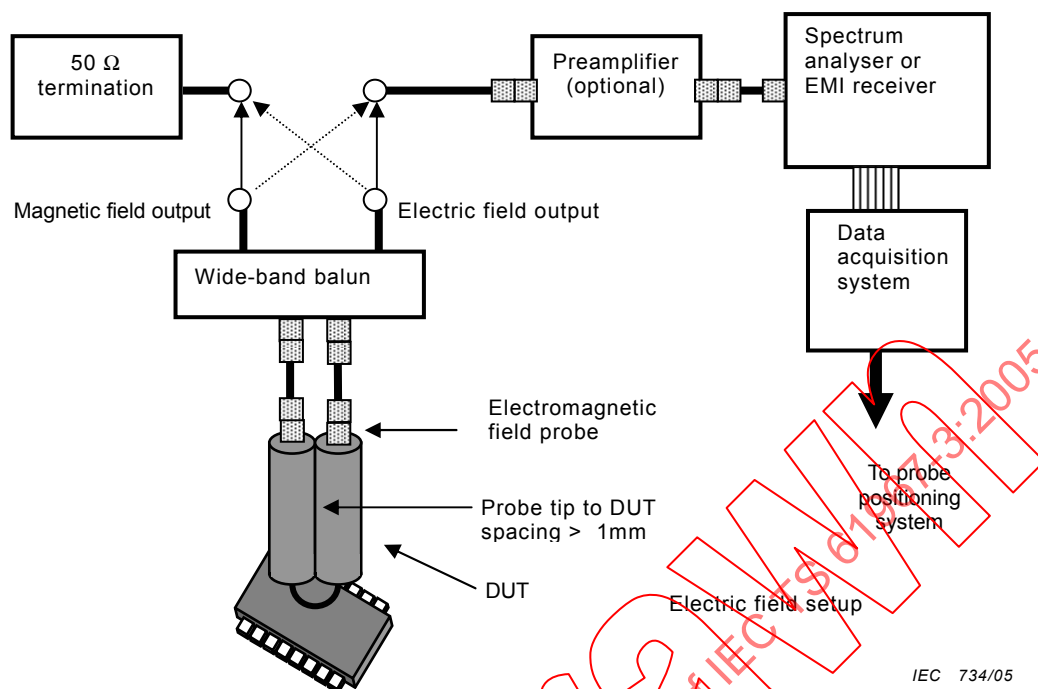


Figure B.5 – Simplified measurement and data acquisition system

For the magnetic field measurement, two series of data separated by 90° rotation (i.e. – the x and y components of magnetic field) are taken. The two sets of data are then combined to obtain the amplitude of the magnetic field, which is proportional to the surface current. In this measurement system, the two signals are added and subtracted by the balun, so the reference input for phase measurement is not required. However, in this case the relative phase difference is not measured; so the orientation of the magnetic field vector cannot be determined. If the orientation of the magnetic field, and/or the direction of current flow which is perpendicular to the orientation of the magnetic field are required, then the phase sensitive measurement described in the previous section should be used.

Annexe C (informative)

Étalonnage des sondes de champs proche

C.1 Généralités

Les sondes utilisées pour cette mesure doivent être étalonnées conformément à la procédure décrite ci-dessous. Afin d'obtenir le facteur d'étalonnage de la sonde, une méthode de ligne à microruban est utilisée parce qu'elle simule de la façon la plus précise la mesure réelle. Il convient que cette méthode d'étalonnage soit réalisée à l'aide du montage de mesure de balayage en surface afin de réduire les erreurs de mesure et d'assurer un niveau élevé de répétabilité.

C.2 Equipement d'essai

C.2.1 Préamplificateur

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

C.2.2 Appareil de mesure RF

Un analyseur de spectre ou un récepteur doit être utilisé lors de l'utilisation d'une sonde de champ électrique ou d'une sonde de champ magnétique. La largeur de bande de résolution de l'analyseur de spectre ou du récepteur doit être de 9 kHz ou 10 kHz et la largeur de bande vidéo ne doit pas être inférieure à trois fois la largeur de bande de résolution. L'appareil doit être configuré pour utiliser un détecteur de crête avec des mesures exprimées en dB μ V [pour un système de 50 Ω : (indications en dBm) + 107 = dB μ V]. Pour les analyseurs de spectre, la bande de fréquences étudiée doit être balayée en mode étalonné ou couplé (balayage automatique).

En utilisant une sonde de champ électromagnétique, un système de mesure de différence de phase à 3 entrées est requis. Le système de mesure de différence de phase à 3 entrées peut mesurer l'amplitude du signal et la phase relative entre trois signaux.

C.2.3 PCB avec ligne à microruban

Utiliser une PCB à deux couches avec une structure de ligne à microruban comme représenté à la Figure C.1 et à la Figure C.2. L'épaisseur diélectrique (h) de la PCB doit être de 0,6 mm et l'impédance caractéristique résultante de la ligne à microruban doit être de 50 $\Omega \pm 5 \Omega$. Dans le cas d'une constante diélectrique $\epsilon_r = 4,7$, la largeur (W) du conducteur à microruban est de 1,0 mm. Il convient que la largeur du plan de masse (W_g) sous la ligne à microruban sur la PCB soit d'au moins 50 mm. Il convient que la longueur (L) de la ligne à microruban soit de 100 mm et qu'elle maintienne l'impédance caractéristique spécifiée sur la gamme de fréquences souhaitée. Il convient de vérifier l'impédance caractéristique de la ligne à microruban à l'aide d'un analyseur de réseau ou d'un oscilloscope pouvant effectuer des mesures de réflectométrie temporelle (TDR, *Time Domain Reflectometry*).

Annex C (informative)

Calibration of near field probes

C.1 General

The probes used for this measurement shall be calibrated in accordance with the procedure described below. In order to obtain the calibration factor of the probe, a microstrip line method is used because it most accurately simulates the actual measurement. This calibration method should be performed using the surface scan measurement set-up to minimize measurement errors and to ensure a high level of repeatability.

C.2 Test equipment

C.2.1 Pre-amplifier

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

C.2.2 RF measuring instrument

A spectrum analyser or receiver shall be used when utilizing either an electric field probe or a magnetic field probe. The spectrum analyser or receiver resolution bandwidth shall be 9 kHz or 10 kHz and the video bandwidth shall not be less than three times the resolution bandwidth. The instrument shall be configured to use a peak detector with measurements in units of dB μ V [for 50 Ω system: (dBm readings) + 107 = dB μ V]. For spectrum analysers, the frequency band of interest shall be swept in calibrated or coupled mode (auto sweep).

When using an electromagnetic field probe, a 3-input phase difference measurement system is required. The 3-input phase difference measurement system can measure signal magnitude and relative phase between three signals.

C.2.3 PCB with microstrip line

Use a two-layer PCB with a microstrip line structure as shown in Figure C.1 and Figure C.2. The dielectric thickness (h) of the PCB shall be 0,6 mm and the resulting characteristic impedance of the microstrip line shall be 50 $\Omega \pm 5 \Omega$. In the case of dielectric constant $\epsilon_r = 4,7$, the width (W) of the microstrip conductor is 1,0 mm. The width of the ground plane (W_g) under the microstrip line on the PCB should be at least 50 mm. The length (L) of the microstrip line should be 100 mm and should maintain the specified characteristic impedance over the desired frequency range. The characteristic impedance of the microstrip line should be verified using a network analyser or an oscilloscope capable of time domain reflectometry (TDR) measurements.

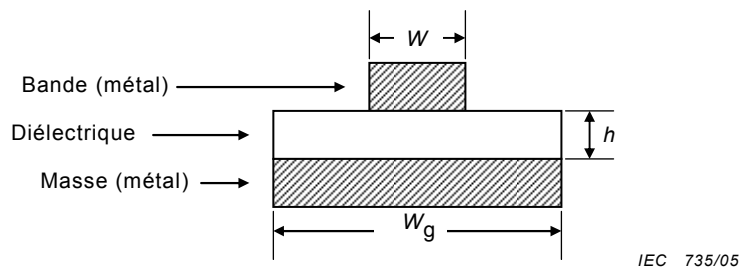


Figure C.1 – Ligne à microruban pour l'étalonnage (section)

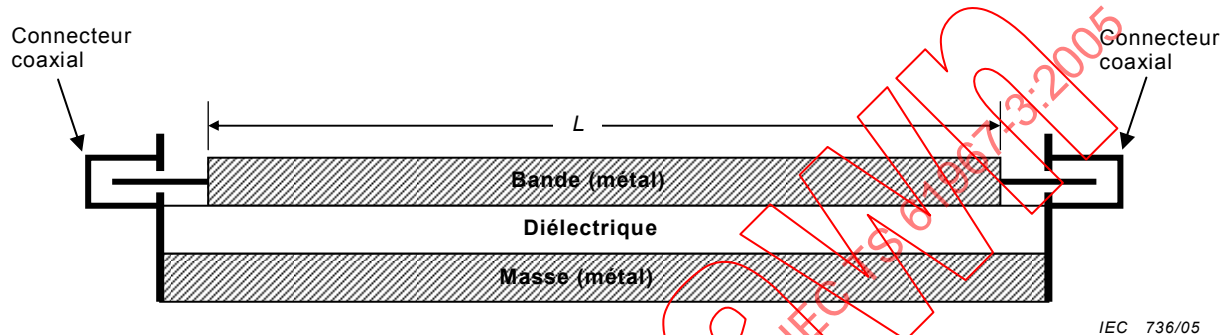


Figure C.2 – Ligne à microruban pour l'étalonnage (section)

C.3 Montage d'étalonnage

Les montages d'étalonnage de la sonde sur la ligne à microruban de référence sont représentés ci-dessous. La Figure C.3 et la Figure C.4 représentent les montages pour les sondes discrètes de champs électrique et magnétique, respectivement. La Figure C.5 représente le montage pour la sonde de champ électromagnétique combiné.

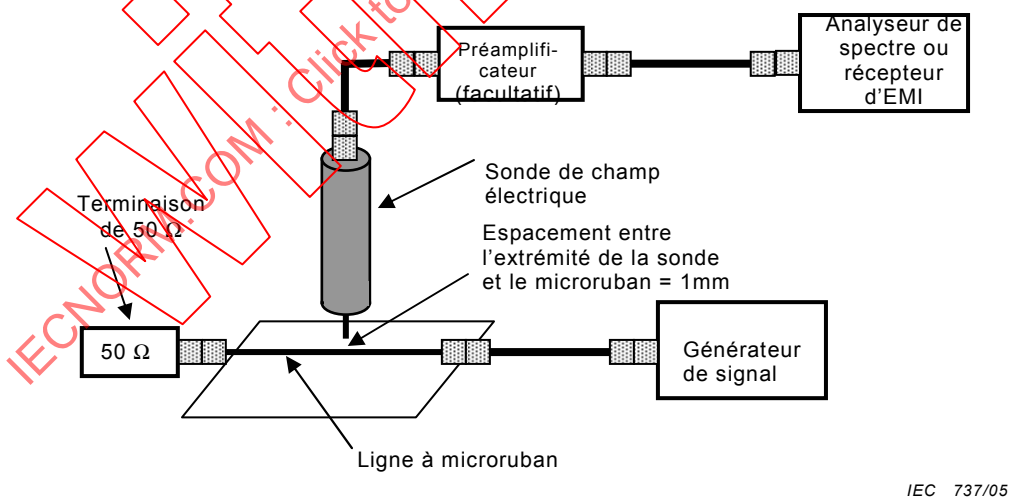


Figure C.3 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ électrique

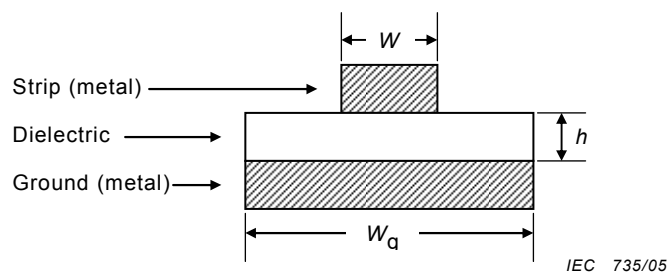


Figure C.1 – Microstrip line for calibration (cross-section)

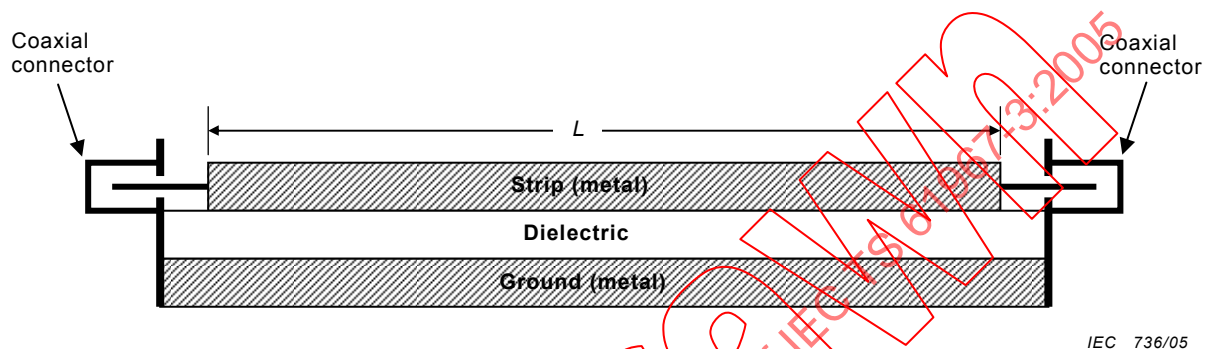


Figure C.2 – Microstrip line for calibration (cross-section)

C.3 Calibration set-up

The probe calibration set-ups on the reference microstrip line are shown below. Figure C.3 and Figure C.4 show the set-ups for the discrete electric and magnetic field probes, respectively. Figure C.5 shows the set-up for the combined electromagnetic field probe.

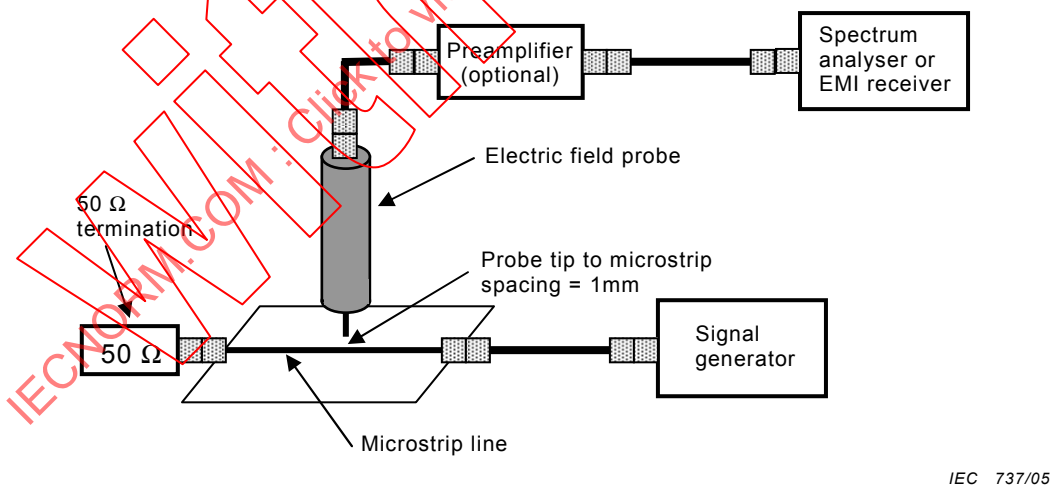
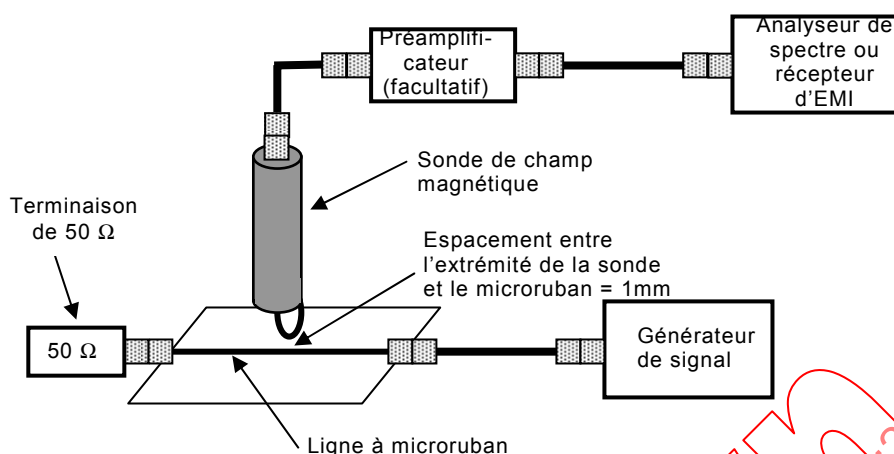
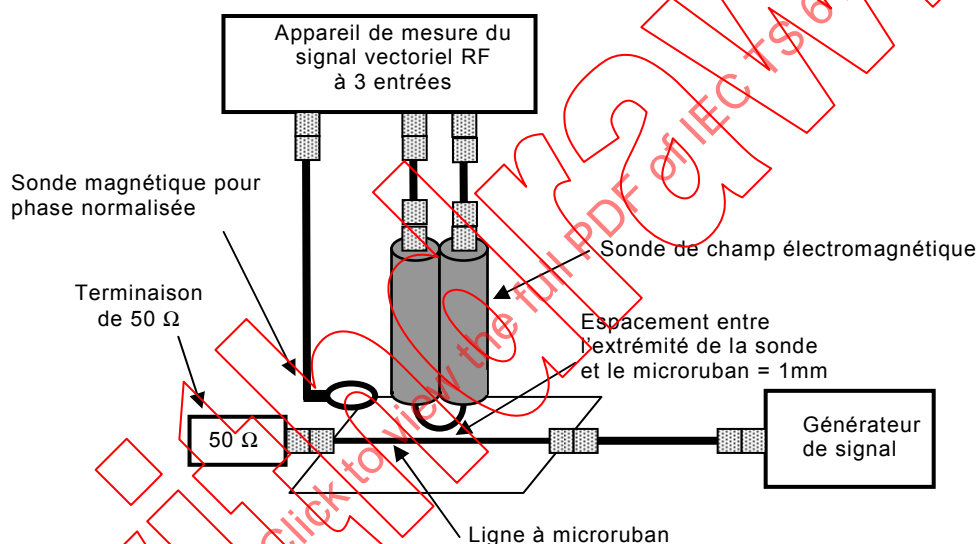


Figure C.3 – Electric field probe calibration set-up



IEC 739/05

Figure C.4 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ magnétique



IEC 739/05

Figure C.5 – Montage d'étalonnage de la sonde de champ électromagnétique

C.4 Procédure d'étalonnage

Le facteur d'étalonnage de la sonde est déterminé en conduisant la ligne à microruban avec une entrée de 0 dBm comme référence.

- Placer la sonde de champ électrique au-dessus de la ligne à microruban, de telle sorte que la sonde soit perpendiculaire au plan de masse. Le centre de la sonde doit être situé à une distance de $\pm 0,4$ mm du centre de la ligne à microruban. La distance entre la surface de la ligne à microruban et l'extrémité de la sonde doit être maintenue à $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.
- Placer la sonde de champ magnétique ou la sonde de champ électromagnétique 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 une distance de $\pm 0,4$ mm du centre de la ligne à microruban. L'angle de face de la sonde doit être dans les limites d'un écart de $\pm 5^\circ$ 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 à $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.