

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61967-4**

Première édition  
First edition  
2002-04

---

---

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

**Partie 4:  
Mesure des émissions conduites –  
Méthode par couplage direct 1  $\Omega$ /150  $\Omega$**

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

**Part 4:  
Measurement of conducted emissions –  
1  $\Omega$ /150  $\Omega$  direct coupling method**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61967-4:2002

## 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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://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](http://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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61967-4**

Première édition  
First edition  
2002-04

---

---

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

**Partie 4:  
Mesure des émissions conduites –  
Méthode par couplage direct 1  $\Omega$ /150  $\Omega$**

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

**Part 4:  
Measurement of conducted emissions –  
1  $\Omega$ /150  $\Omega$  direct coupling 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 .....                                                                                                                 | 4  |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                      | 10 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                      | 10 |
| 3 Définitions .....                                                                                                                | 10 |
| 4 Généralités .....                                                                                                                | 10 |
| 4.1 Principes de base de mesure .....                                                                                              | 10 |
| 4.2 Mesure du courant RF .....                                                                                                     | 14 |
| 4.3 Mesure de la tension RF aux broches CI .....                                                                                   | 14 |
| 4.4 Evaluation de la technique de mesure .....                                                                                     | 14 |
| 5 Conditions d'essai .....                                                                                                         | 16 |
| 6 Appareillage d'essai .....                                                                                                       | 16 |
| 6.1 Spécification du récepteur d'essai .....                                                                                       | 16 |
| 6.2 Spécification de la sonde de courant RF .....                                                                                  | 16 |
| 6.3 Essai de la capacité de la sonde de courant RF .....                                                                           | 18 |
| 6.4 Spécification du réseau d'adaptation .....                                                                                     | 18 |
| 7 Montage d'essai .....                                                                                                            | 18 |
| 7.1 Configuration générale d'essai .....                                                                                           | 18 |
| 7.2 Disposition pour carte d'essai à circuit imprimé .....                                                                         | 20 |
| 8 Procédure d'essai .....                                                                                                          | 22 |
| 9 Rapport d'essai .....                                                                                                            | 22 |
| Annexe A (normative) Procédure d'étalonnage de sonde .....                                                                         | 24 |
| Annexe B (informative) Classification des niveaux des émissions conduites .....                                                    | 30 |
| B.1 Remarque d'introduction .....                                                                                                  | 30 |
| B.2 Généralités .....                                                                                                              | 30 |
| B.3 Définition des niveaux d'émission .....                                                                                        | 30 |
| B.4 Présentation des résultats .....                                                                                               | 32 |
| Annexe C (informative) Exemple de niveaux de référence pour applications automobiles .....                                         | 38 |
| C.1 Remarque d'introduction .....                                                                                                  | 38 |
| C.2 Généralités .....                                                                                                              | 38 |
| C.3 Niveaux de référence .....                                                                                                     | 38 |
| Annexe D (informative) Exigences CEM et méthode d'utilisation<br>des techniques de mesure CEM CI .....                             | 42 |
| D.1 Introduction .....                                                                                                             | 42 |
| D.2 Utilisation des procédures de mesures CEM .....                                                                                | 42 |
| D.3 Evaluation de l'influence des CI sur le comportement CEM des modules .....                                                     | 44 |
| Annexe E (informative) Exemple de montage d'essai comprenant une carte principale<br>d'essai CEM et une carte d'essai EME CI ..... | 46 |
| E.1 Carte principale d'essai CEM .....                                                                                             | 46 |
| E.2 Carte d'essai EME CI .....                                                                                                     | 50 |

## CONTENTS

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                         | 4  |
| 1 Scope.....                                                                                                          | 11 |
| 2 Normative references.....                                                                                           | 11 |
| 3 Definitions .....                                                                                                   | 11 |
| 4 General .....                                                                                                       | 11 |
| 4.1 Measurement basics.....                                                                                           | 11 |
| 4.2 RF current measurement .....                                                                                      | 15 |
| 4.3 RF voltage measurement at IC pins .....                                                                           | 15 |
| 4.4 Assessment of the measurement technique .....                                                                     | 15 |
| 5 Test conditions .....                                                                                               | 17 |
| 6 Test equipment.....                                                                                                 | 17 |
| 6.1 Test receiver specification .....                                                                                 | 17 |
| 6.2 RF current probe specification .....                                                                              | 17 |
| 6.3 Test of the RF current probe capability.....                                                                      | 19 |
| 6.4 Matching network specification .....                                                                              | 19 |
| 7 Test set-up .....                                                                                                   | 19 |
| 7.1 General test configuration.....                                                                                   | 19 |
| 7.2 Printed circuit test board layout.....                                                                            | 21 |
| 8 Test procedure .....                                                                                                | 23 |
| 9 Test report.....                                                                                                    | 23 |
| Annex A (normative) Probe calibration procedure .....                                                                 | 25 |
| Annex B (informative) Classification of conducted emission levels .....                                               | 31 |
| B.1 Introductory remark .....                                                                                         | 31 |
| B.2 General .....                                                                                                     | 31 |
| B.3 Definition of emission levels.....                                                                                | 31 |
| B.4 Presentation of results.....                                                                                      | 33 |
| Annex C (informative) Example of reference levels for automotive applications.....                                    | 39 |
| C.1 Introductory remark .....                                                                                         | 39 |
| C.2 General .....                                                                                                     | 39 |
| C.3 Reference levels.....                                                                                             | 39 |
| Annex D (informative) EMC requirements and how to use EMC IC measurement techniques....                               | 43 |
| D.1 Introduction .....                                                                                                | 43 |
| D.2 Using EMC measurement procedures .....                                                                            | 43 |
| D.3 Assessment of the IC influence to the EMC behaviour of the modules .....                                          | 45 |
| Annex E (informative) Example of a test set-up consisting of an EMC main test board<br>and an EME IC test board ..... | 47 |
| E.1 The EMC main test board .....                                                                                     | 47 |
| E.2 EME IC test board .....                                                                                           | 51 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Exemple de deux boucles d'émission retournant au CI par l'intermédiaire de la masse de référence.....                               | 12 |
| Figure 2 – Exemple de CI avec deux contacts à la masse, une petite boucle E/S et deux boucles d'émission .....                                 | 12 |
| Figure 3 – Construction de la sonde de courant RF .....                                                                                        | 16 |
| Figure 4 – Réseau d'adaptation d'impédance correspondant à la CEI 61000-4-6.....                                                               | 18 |
| Figure 5 – Configuration générale d'essai.....                                                                                                 | 20 |
| Figure A.1 – Circuit d'essai .....                                                                                                             | 24 |
| Figure A.2 – Perte d'insertion d'une sonde de 1 $\Omega$ .....                                                                                 | 24 |
| Figure A.3 – Disposition du circuit d'essai d'étalonnage.....                                                                                  | 26 |
| Figure A.4 – Connexion du circuit d'essai d'étalonnage.....                                                                                    | 28 |
| Figure A.5 – Limite minimale de découplage par rapport à la fréquence.....                                                                     | 28 |
| Figure B.1 – Schéma des niveaux d'émission .....                                                                                               | 32 |
| Figure B.2 – Exemple de niveau d'émission maximal G8f .....                                                                                    | 34 |
| Figure C.1 – Méthode à 1 $\Omega$ – Niveaux de référence pour perturbations conduites provenant de semiconducteurs (détecteur de crête).....   | 40 |
| Figure C.2 – Méthode à 150 $\Omega$ – Niveaux de référence pour perturbations conduites provenant de semiconducteurs (détecteur de crête)..... | 40 |
| Figure E.1 – Carte principale pour essai CEM.....                                                                                              | 48 |
| Figure E.2 – Espace réservé aux fils de connexion.....                                                                                         | 50 |
| Figure E.3 – Carte d'essai EME CI (zones de contact pour broches de connecteurs à ressort de la carte d'essai principale) .....                | 50 |
| Figure E.4 – Exemple de système d'essai EME CI.....                                                                                            | 54 |
| Figure E.5 – Côté composants de la carte d'essai EME CI.....                                                                                   | 54 |
| Figure E.6 – Face inférieure de la carte pour essai EME CI .....                                                                               | 56 |
| Tableau 1 – Spécification de la sonde de courant RF.....                                                                                       | 16 |
| Tableau 2 – Caractéristiques du réseau d'adaptation d'impédance .....                                                                          | 18 |
| Tableau B.1 – Niveaux d'émission.....                                                                                                          | 36 |
| Tableau D.1 – Exemples dans lesquels la procédure de mesure peut être réduite.....                                                             | 42 |
| Tableau D.2 – Paramètres ambiants liés au système et au module .....                                                                           | 44 |
| Tableau D.3 – Modifications au niveau du CI qui influencent la CEM.....                                                                        | 44 |

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Example of two emitting loops returning to the IC via common ground.....                                         | 13 |
| Figure 2 – Example of IC with two ground pins, a small I/O loop and two emitting loops .....                                | 13 |
| Figure 3 – Construction of the RF current probe .....                                                                       | 17 |
| Figure 4 – Impedance matching network corresponding with IEC 61000-4-6 .....                                                | 19 |
| Figure 5 – General test configuration.....                                                                                  | 21 |
| Figure A.1 – Test circuit .....                                                                                             | 25 |
| Figure A.2 – Insertion loss of the 1 $\Omega$ probe.....                                                                    | 25 |
| Figure A.3 – Layout of the calibration test circuit.....                                                                    | 27 |
| Figure A.4 – Connection of the calibration test circuit.....                                                                | 29 |
| Figure A.5 – Minimum decoupling limit versus frequency .....                                                                | 29 |
| Figure B.1 – Emission level scheme .....                                                                                    | 33 |
| Figure B.2 – Example of the maximum emission level G8f.....                                                                 | 35 |
| Figure C.1 – 1 $\Omega$ method – Reference levels for conducted disturbances<br>from semiconductors (peak detector) .....   | 41 |
| Figure C.2 – 150 $\Omega$ method – Reference levels for conducted disturbances<br>from semiconductors (peak detector) ..... | 41 |
| Figure E.1 – EMC main test board.....                                                                                       | 49 |
| Figure E.2 – Jumper field .....                                                                                             | 51 |
| Figure E.3 – EME IC test board (contact areas for the spring connector pins<br>of the main test board) .....                | 51 |
| Figure E.4 – Example of an EME IC test system .....                                                                         | 55 |
| Figure E.5 – Component side of the EME IC test board .....                                                                  | 55 |
| Figure E.6 – Bottom side of the EME IC test board .....                                                                     | 57 |
| Table 1 – Specification of the RF current probe .....                                                                       | 17 |
| Table 2 – Characteristics of the impedance matching network .....                                                           | 19 |
| Table B.1 – Emission levels .....                                                                                           | 37 |
| Table D.1 – Examples in which the measurement procedure can be reduced .....                                                | 43 |
| Table D.2 – System- and module-related ambient parameters .....                                                             | 45 |
| Table D.3 – Changes at the IC which influence the EMC.....                                                                  | 45 |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## 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

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 61967-4 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/636/FDIS | 47A/647/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 la présente norme.

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTEGRATED CIRCUITS –  
MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS, 150 kHz TO 1 GHz –****Part 4: Measurement of conducted emissions –  
1  $\Omega$ /150  $\Omega$  direct coupling 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 61967-4 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/636/FDIS | 47A/647/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, D and E are for information only.

La CEI 61967 se compose des parties suivantes, 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 la cellule TEM <sup>1</sup>

Partie 3: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de scrutation surfacique <sup>1</sup>

Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct  $1\Omega/150\Omega$

Partie 5: Mesure des émissions conduites – Méthode de la cage de Faraday sur banc de travail <sup>2</sup>

Partie 6: Mesure des émissions conduites – Méthode de la sonde magnétique <sup>2</sup>

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2008. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum de juin 2017 a été pris en considération dans cet exemplaire.

---

<sup>1</sup> A l'étude

<sup>2</sup> 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 method <sup>1</sup>

Part 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method <sup>1</sup>

Part 4: Measurement of conducted emissions – 1  $\Omega$ /150  $\Omega$  direct coupling method

Part 5: Measurement of conducted emissions – Workbench Faraday cage method <sup>2</sup>

Part 6: Measurement of conducted emissions – Magnetic probe method <sup>2</sup>

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 June 2017 have been included in this copy.

---

<sup>1</sup> Under consideration

<sup>2</sup> To be published

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

### **Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct 1 $\Omega$ /150 $\Omega$**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 61967 spécifie une méthode de mesure de l'émission électromagnétique conduite (EME) des circuits intégrés par mesure directe des courants RF avec une sonde résistive de 1  $\Omega$  et mesure des tensions RF en utilisant un réseau de couplage de 150  $\Omega$ . Ces méthodes garantissent un degré élevé de répétabilité, ainsi que la corrélation des mesures EME.

La CEI 61967-1 précise les conditions générales et les définitions des méthodes d'essai.

#### **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 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques*

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

CISPR 16-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

#### **3 Définitions**

Se reporter à la CEI 61967-1.

#### **4 Généralités**

##### **4.1 Principes de base de mesure**

Le niveau d'émission maximal toléré d'un CI (circuit intégré) dépend du niveau d'émission maximal admis du système électronique qui contient le circuit intégré, ainsi que du niveau d'immunité des autres éléments du système électronique proprement dit (appelé CEM naturelle). La valeur de ce niveau d'émission dépend des paramètres (ambiants) spécifiques au système et à l'application. Pour caractériser les CI, c'est-à-dire fournir des valeurs EME types pour une fiche technique, une méthode de mesure simple et des montages de mesure non résonants sont nécessaires pour garantir un degré élevé de répétabilité. La base de cette procédure d'essai est explicitée ci-dessous.

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

## Part 4: Measurement of conducted emissions – 1 $\Omega$ /150 $\Omega$ direct coupling method

### 1 Scope

This part of IEC 61967 specifies a method to measure the conducted electromagnetic emission (EME) of integrated circuits by direct radio frequency (RF) current measurement with a 1  $\Omega$  resistive probe and RF voltage measurement using a 150  $\Omega$  coupling network. These methods guarantee a high degree of repeatability and correlation of EME measurements.

IEC 61967-1 specifies general conditions and definitions of the test methods.

### 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 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

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

CISPR 16-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

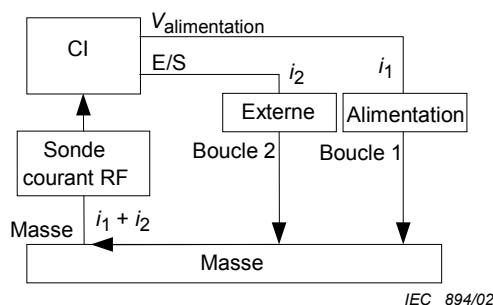
### 3 Definitions

See IEC 61967-1.

### 4 General

#### 4.1 Measurement basics

The maximum tolerated emission level from an integrated circuit (IC) depends on the permitted maximum emission level of the electronic system, which includes the IC, and also on the immunity level of other parts of the electronic system itself (so called inherent EMC). The value of this emission level is dependent on system and application specific (ambient) parameters. To characterise ICs, i.e. to provide typical EME values for a data sheet, a simple measurement procedure and non-resonant measurement set-ups are required to guarantee a high degree of repeatability. The following describes the basis of this test procedure.

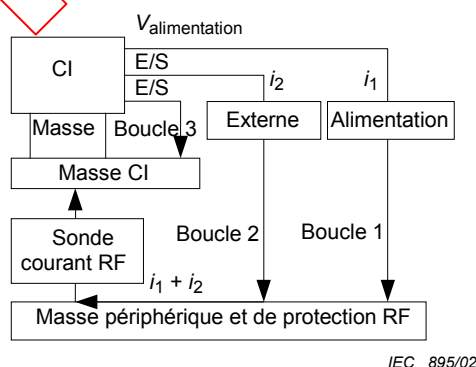


**Figure 1 – Exemple de deux boucles d'émission retournant au CI par l'intermédiaire de la masse de référence**

L'émission d'un CI est générée par des variations de tensions et de courants suffisamment rapides à l'intérieur du CI. Ces variations entraînent les courants RF à l'intérieur et à l'extérieur du CI. Les courants RF provoquent une EME conduite qui est principalement répartie par les boucles de conducteurs de broches CI dans la carte à circuit imprimé et le câblage. Ces boucles sont considérées comme les antennes cadres d'émission. Par comparaison avec la dimension de ces boucles, les boucles de la structure interne du CI sont considérées comme petites.

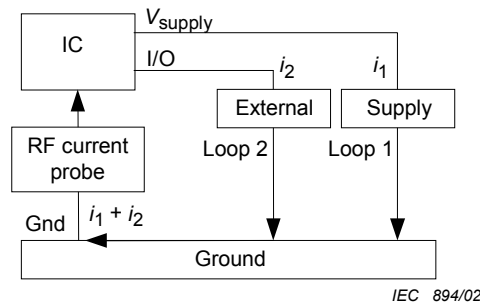
Les courants RF qui accompagnent l'action des CI ont une amplitude, une phase et une répartition spectrale différentes. Tout courant RF a sa propre boucle de retour vers le CI. Toutes les boucles retournent principalement vers le CI par l'intermédiaire de la liaison à la masse ou de la liaison d'alimentation. La figure 1 présente ce processus pour deux boucles avec retour par la liaison à la masse. La boucle 1 représente le câblage d'alimentation pour le CI, tandis que la boucle 2 représente l'acheminement d'un signal de sortie. Le trajet de retour commun par l'intermédiaire de la masse constitue un emplacement approprié pour mesurer l'EME conduite en tant que mesure du courant somme RF commun du contact à la masse. Cet essai est appelé «essai de mesure du courant RF».

Lorsque le CI en essai ne dispose que d'un seul contact à la masse et que toutes les autres broches sont supposées contribuer sensiblement à l'EME, le courant somme RF doit alors être mesuré entre le contact à la masse du CI en essai et la masse elle-même (voir  $i_1 + i_2$  à la figure 1).



**Figure 2 – Exemple de CI avec deux contacts à la masse, une petite boucle E/S et deux boucles d'émission**

Si le CI en essai dispose de plusieurs contacts à la masse ou si certaines broches ne sont pas supposées contribuer outre mesure à l'EME dans son ensemble, le CI en essai a alors son propre plan de masse comme indiqué à la figure 2. Ce plan de masse est appelé «masse CI». Il est isolé de l'autre masse, appelée «masse périphérique et de protection RF». Le courant RF est mesuré entre la masse CI et la masse périphérique.

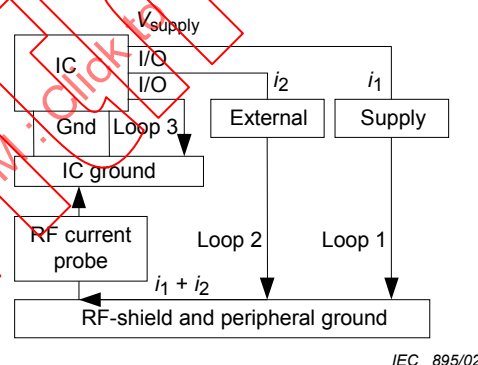


**Figure 1 – Example of two emitting loops returning to the IC via common ground**

The emission of an IC is generated by sufficiently fast changes of voltages and currents inside the IC. These changes drive RF currents inside and outside the IC. The RF currents cause conducted EME, which is mainly distributed via the IC pins conductor loops in the printed circuit board (PCB) and the cabling. These loops are regarded as the emitting loop antennas. In comparison to the dimension of these loops, the loops in the internal IC structure are considered to be small.

The RF currents that accompany ICs action are different in amplitude, phase and spectral content. Any RF current has its own loop that returns to the IC. All loops return mostly via the ground or supply connection back to the IC. In figure 1, this is shown for two loops returning via ground. Loop 1 represents the supply wiring harness for the IC while loop 2 represents the routing of an output signal. The common return path via ground is a suitable location to measure the conducted EME as the measurement of the common RF sum current of the ground pin. This test is named the "RF current measurement".

If the IC under test has only one ground pin and all other pins are suspected to contribute essentially to the EME, then the RF sum current is measured between the ground pin of the IC under test and the ground (see  $i_1 + i_2$  in figure 1).



**Figure 2 – Example of IC with two ground pins, a small I/O loop and two emitting loops**

If the IC under test has more than one ground pin or some of the pins are not suspected to contribute much to the whole EME, then the IC under test gets its own ground plane as shown in figure 2. This ground plane is named "IC ground". It is kept separately from the other ground, that is named "RF-shield and peripheral ground". The RF current is measured between the IC ground and the peripheral ground.

Les CI sont souvent utilisés dans des configurations différentes selon l'application. Par exemple, un microcontrôleur pourrait être utilisé comme un contrôleur monopuce dont les accès E/S sont directement reliés au système de câblage externe. Afin de comprendre l'influence d'une seule broche E/S sur le niveau d'émission du CI, une méthode de mesure supplémentaire, utilisant le même matériel, est prévue. Cette mesure est appelée «mesure de la tension RF monobroche des broches CI» (voir également 4.3). Outre la mesure du courant somme RF, il peut être intéressant de mesurer le courant RF d'une seule broche d'alimentation pour l'analyse d'un CI. Cela peut également être effectué par l'application de la sonde de mesure des courants RF. La sonde de courant RF peut par exemple être appliquée à l'une quelconque des masses parmi plusieurs masses ou aux broches d'alimentation, afin de quantifier la contribution de la broche mesurée à l'émission dans son ensemble.

#### 4.2 Mesure du courant RF

Pour l'essai, cette mesure doit être effectuée en mesurant la tension à travers une résistance de  $1\ \Omega$  sous forme d'une sonde de courant RF utilisant un récepteur d'essai. La mesure doit être effectuée à l'emplacement montré à la figure 1 et à la figure 2. La construction de la sonde de courant RF est spécifiée en 6.2. Le niveau de tension RF mesuré par le récepteur est la tension résultant de tous les courants RF retournant au CI à travers l'impédance de la sonde. La mesure de tension peut être convertie en courant en divisant la tension par l'impédance de la sonde.

#### 4.3 Mesure de la tension RF aux broches CI

Cette mesure est utilisée pour identifier la contribution d'une seule broche ou d'un groupe de broches à l'EME du CI en essai. Cette mesure est uniquement appliquée aux broches du CI en essai qui sont destinées à être reliées directement à des pistes de cartes à circuit imprimé ou faisceaux de fils de grande longueur (plus de 10 cm). Ces broches sont chargées par une impédance d'antenne type de  $150\ \Omega$ , comme spécifié dans la CEI 61000-4-6. Pour relier le récepteur d'essai, qui a une impédance d'entrée de  $50\ \Omega$ , la charge doit être établie comme un réseau d'adaptation d'impédance. Ce réseau d'adaptation est défini en 6.4.

D'autres broches d'E/S d'un CI peuvent être chargées comme spécifié dans la partie générale de la CEI 61967-1.

#### 4.4 Evaluation de la technique de mesure

Les techniques mentionnées ci-dessus ont les propriétés suivantes:

- reproductibilité élevée des mesures, du fait que peu de paramètres ont une influence sur le résultat;
- capacité de comparer différentes configurations CI (par exemple boîtiers);
- les mesures EME monobroche des différentes broches E/S dépendent de leur importance pour l'émission dans une application spécifique;
- évaluation de la contribution EME du CI en utilisant la mesure de la somme des courants;
- fonction de transfert linéaire avec réponse à fréquence constante étant donné que la mesure est effectuée en utilisant une impédance résistive;
- étalonnage simple de l'impédance de mesure en utilisant la mesure de la perte d'insertion;
- la mesure est également possible à de très basses fréquences.

Avec ces caractéristiques, il est possible de mesurer l'EME des CI avec un haut degré de reproductibilité et cette technique offre par conséquent une bonne méthode de comparaison.

L'annexe D donne un exemple de la manière dont les techniques de mesure peuvent être utilisées pour l'évaluation des CI.

ICs are often used in different configurations based on the application. For instance, a microcontroller could be used as a single chip controller, with the I/O ports directly connected to the external cabling system. In order to understand the influence of a single I/O pin on the emission level of the IC, an additional measurement procedure, using the same equipment, is provided. This measurement is named “single pin RF voltage measurement at IC pins” (see also 4.3). In addition to the RF sum current measurement, the RF current measurement of a single supply pin may be of interest in the analysis of an IC. This can also be attained with application of the RF current measurement probe. For example, the RF current probe can be applied to any of the multiple ground or supply pins in order to quantify the contribution of the measured pin to the whole emission.

#### 4.2 RF current measurement

In the test procedure this measurement shall be made by measuring the voltage across the  $1\ \Omega$  resistance of a RF current probe using a test receiver. The measurement shall be made at the location shown in figure 1 and figure 2. The construction of the RF current probe is specified in 6.2. The RF voltage level measured by the receiver is the voltage resulting from all of RF currents returning to the IC through the probe impedance. The voltage measurement can be converted to current by dividing the voltage by the probe impedance.

#### 4.3 RF voltage measurement at IC pins

This measurement is used to identify the contribution of a single pin or a group of pins to the EME of the IC under test. This measurement is only applied to those pins of the IC under test that are intended to be connected directly to long (longer than 10 cm) PCB traces or wiring harness. These pins are loaded by a typical antenna impedance of  $150\ \Omega$ , as specified in IEC 61000-4-6. In order to connect the test receiver, that has an input-impedance of  $50\ \Omega$ , the load has to be built as an impedance matching network. This matching network is defined in 6.4.

Other I/O-pins of an IC may be loaded as specified in the general part of IEC 61967-1.

#### 4.4 Assessment of the measurement technique

The above techniques have the following properties:

- high measurement reproducibility, because few parameters influence the result;
- capability to compare different IC configurations (e.g. packages);
- single pin EME measurements of the various I/O pins are dependent on their importance for the emission in a specific application;
- assessment of the EME contribution of the IC using current sum measurement;
- linear transfer function with constant frequency response as the measurement is made using resistive impedance;
- simple calibration of the measurement impedance using insertion loss measurement;
- measurement is also possible at very low frequencies.

With these characteristics it is possible to measure the EME of ICs with a high degree of reproducibility and therefore this technique offers a good method for comparison.

Annex D gives an example of how the measurement techniques may be used for the assessment of ICs.

## 5 Conditions d'essai

Toutes les conditions d'essai nécessaires à la présente norme sont spécifiées dans la CEI 61967-1.

## 6 Appareillage d'essai

### 6.1 Spécification du récepteur d'essai

L'appareillage de mesure doit satisfaire aux exigences décrites dans la CEI 61967-1.

### 6.2 Spécification de la sonde de courant RF

La figure 3 montre la construction de base de la sonde de courant RF.

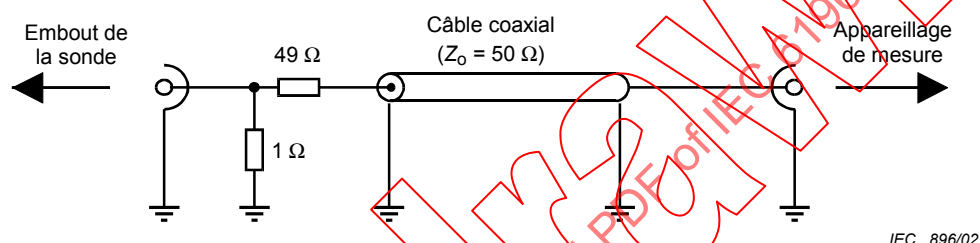


Figure 3 – Construction de la sonde de courant RF <sup>3</sup>

Le tableau 1 donne une spécification détaillée pour la sonde de courant RF.

Tableau 1 – Spécification de la sonde de courant RF

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gamme de fréquences                            | Courant continu – 1 GHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Résistance de mesure                           | Résistance RF (faible inductance) 1 Ω (1 %).<br>La résistance de mesure peut également être composée de résistances montées en parallèle, ce qui accroît l'intensité maximale de courant admissible traversant la sonde (par exemple 2 Ω//2 Ω)                                                                                                                                                                                                         |
| Résistance d'adaptation                        | 49 Ω (1%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Courant maximal                                | <0,5 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Impédance de sortie $Z_0$                      | 40 Ω – 60 Ω                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Perte d'insertion dans le circuit d'étalonnage | 34 dB ± 2 dB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Découplage dans le circuit d'étalonnage        | Voir figure A.1 et figure A.5.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Liaison câble                                  | Câble coaxial souple à double protection avec une impédance de ligne de 50 Ω ± 2 Ω . Le connecteur RF doit être monté avec une faible réflexion. La perte d'insertion comprend le câble et la sonde. Les variations de la longueur du câble font que les résultats des mesures doivent prendre en compte un affaiblissement supplémentaire.                                                                                                            |
| Construction                                   | Sonde coaxiale ou construction comparable pouvant être reliée à une prise coaxiale d'une longueur de 4 mm. La résistance de mesure doit être le plus près possible de l'embout de la sonde. Elle doit être montée de manière à éviter tout dommage de nature mécanique. La liaison du câble de sonde doit être coaxiale. Bien que les embouts de la sonde puissent généralement être remplacés, ils doivent toutefois être solidement reliés au câble. |

<sup>3</sup> L'utilisation d'un bloc à courant continu est recommandée pour éviter tout endommagement de l'appareillage de mesure par la tension en courant continu. Ce bloc doit avoir un affaiblissement <0,5 dB à la plus basse fréquence à mesurer.

## 5 Test conditions

All test conditions needed in this standard are specified in IEC 61967-1.

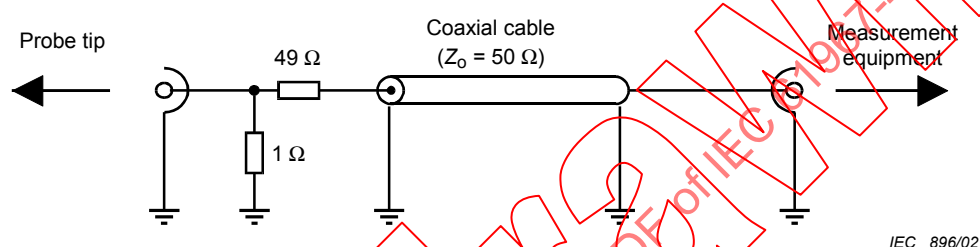
## 6 Test equipment

### 6.1 Test receiver specification

The measurement equipment has to fulfil the requirements described in IEC 61967-1.

### 6.2 RF current probe specification

Figure 3 shows the basic construction of the RF current probe.



IEC 896/02

**Figure 3 – Construction of the RF current probe<sup>3</sup>**

Table 1 presents a detailed specification of the RF current probe.

**Table 1 – Specification of the RF current probe**

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequency range                       | DC – 1 GHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Measurement resistor                  | RF resistor (low inductance) 1 Ω (1 %).<br>The measurement resistor can also consist of resistors in parallel, which increases the maximum permissible current through the probe (e.g. 2 Ω//2 Ω)                                                                                                                                                                                     |
| Matching resistor                     | 49 Ω (1%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Maximum current                       | <0,5 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Output impedance Z <sub>0</sub>       | 40 Ω – 60 Ω                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Insertion loss in calibration circuit | 34 dB ± 2 dB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Decoupling in calibration circuit     | See figure A.1 and figure A.5.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Cable connection                      | Flexible, double shielded coaxial cable with 50 Ω ± 2 Ω line impedance. The RF connector shall be mounted with low reflection. The insertion loss includes the cable and the probe. Changes to the cable length will result in additional attenuation to be considered with the measurement results.                                                                                 |
| Construction                          | Coaxial probe or comparable construction, which can be connected to a 4 mm coaxial socket. The measurement resistor shall be as close as possible to the probe tip. It shall be built in such a way that no mechanical damage is possible. The connection of the probe cable shall be coaxial; the probe tips should be replaceable, but nevertheless firmly connected to the cable. |

<sup>3</sup> To prevent the measurement equipment from being damaged by DC voltage, the use of a DC block is recommended. This shall have an attenuation of <0,5 dB at the lowest frequency to be measured.

### 6.3 Essai de la capacité de la sonde de courant RF

La sonde de courant doit être soumise à un essai de qualification et d'étalonnage avec le circuit d'essai représenté et décrit en détail dans l'annexe A.

### 6.4 Spécification du réseau d'adaptation

Selon la CEI 61000-4-6, un réseau de câblage peut être représenté dans la plupart des cas par une antenne avec une impédance de  $150 \Omega$ . Un réseau terminal de  $150 \Omega \pm 20 \Omega$  doit être utilisé pour obtenir des résultats de mesures précis sur toute la gamme de fréquences. L'appareillage de mesure habituel fournit une impédance d'entrée de  $50 \Omega$  de sorte que le réseau d'adaptation doit adapter l'impédance de ligne du signal à l'impédance de l'appareillage. Le schéma de circuits est représenté à la figure 4 et les caractéristiques du réseau d'adaptation d'impédance utilisé sont données au tableau 2.

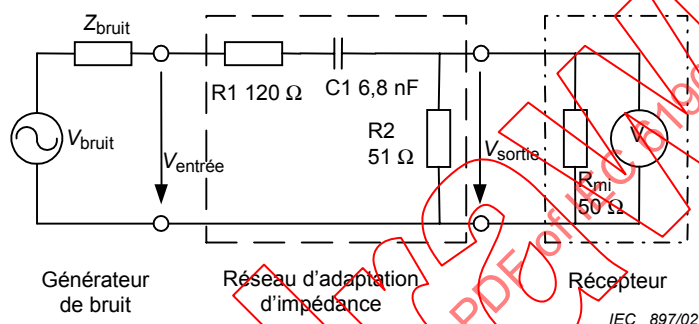


Figure 4 – Réseau d'adaptation d'impédance correspondant à la CEI 61000-4-6

Tableau 2 – Caractéristiques du réseau d'adaptation d'impédance

|                                                                  |                                               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Gamme de fréquences $B_f$                                        | 150 kHz – 1 GHz                               |
| Impédance d'entrée avec impédance terminale $Z_t$ de $50 \Omega$ | $145 \Omega \pm 20 \Omega$                    |
| Perte d'insertion dans un système à $50 \Omega$                  | $0,2586 (-11,75 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB})$ |
| Rapport de tension $V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}}$       | $0,1738 (-15,20 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB})$ |

## 7 Montage d'essai

### 7.1 Configuration générale d'essai

Le montage d'essai doit être conforme à la figure 5. Cette configuration générale d'essai peut être réalisée sous la forme d'une configuration spéciale d'essai (dont un exemple est donné en E.2) ou de toute autre configuration, par exemple également dans une application réelle.

### 6.3 Test of the RF current probe capability

The current probe shall be tested for qualification and calibration in a test circuit shown and described in detail in annex A.

### 6.4 Matching network specification

Based on IEC 61000-4-6, a cabling network can be represented in most cases by an antenna with an impedance of  $150\ \Omega$ . In order to get accurate measurement results over the full frequency range, a termination network of  $150\ \Omega \pm 20\ \Omega$  shall be used. Usual measurement equipment provides an input impedance of  $50\ \Omega$  so that the matching network shall match the signal line impedance to the equipment impedance. The circuitry is shown in figure 4, and the characteristics of the impedance matching network used are shown in table 2.

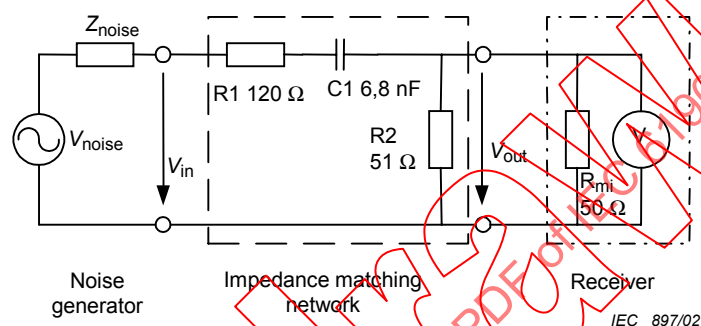


Figure 4 – Impedance matching network corresponding with IEC 61000-4-6

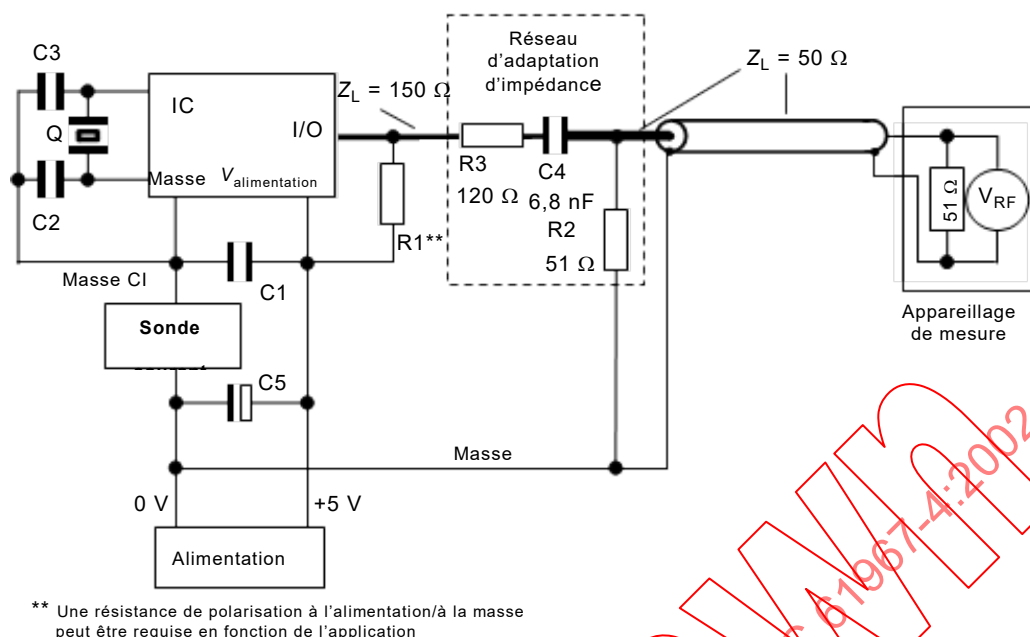
Table 2 – Characteristics of the impedance matching network

|                                                     |                               |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|
| Frequency range $B_f$                               | 150 kHz – 1 GHz               |
| Input impedance with $50\ \Omega$ termination $Z_i$ | $145\ \Omega \pm 20\ \Omega$  |
| Insertion loss within a $50\ \Omega$ system         | 0,2586 (–11,75 dB $\pm$ 2 dB) |
| Voltage ratio $V_{out} / V_{in}$                    | 0,1738 (–15,20 dB $\pm$ 2 dB) |

## 7 Test set-up

### 7.1 General test configuration

The test set-up shall be in accordance with figure 5. This general test configuration can be built up in the form of a special test configuration (an example is described in E.2) or in any other configuration, e.g. also in a real application.



IEC

**Figure 5 – Configuration générale d'essai**

## 7.2 Disposition pour carte d'essai à circuit imprimé

Les lignes directrices suivantes sont données pour obtenir une reproductibilité élevée des mesures et pour pouvoir faire une comparaison valable entre différentes cartes d'essai à circuit imprimé.

Il est recommandé que la carte d'essai soit en matériau de type époxyde (d'une épaisseur de 0,6 mm à 3 mm, avec une constante diélectrique d'environ 4,7). Les faces supérieure et inférieure sont recouvertes d'une couche de cuivre de 35 µm minimum.

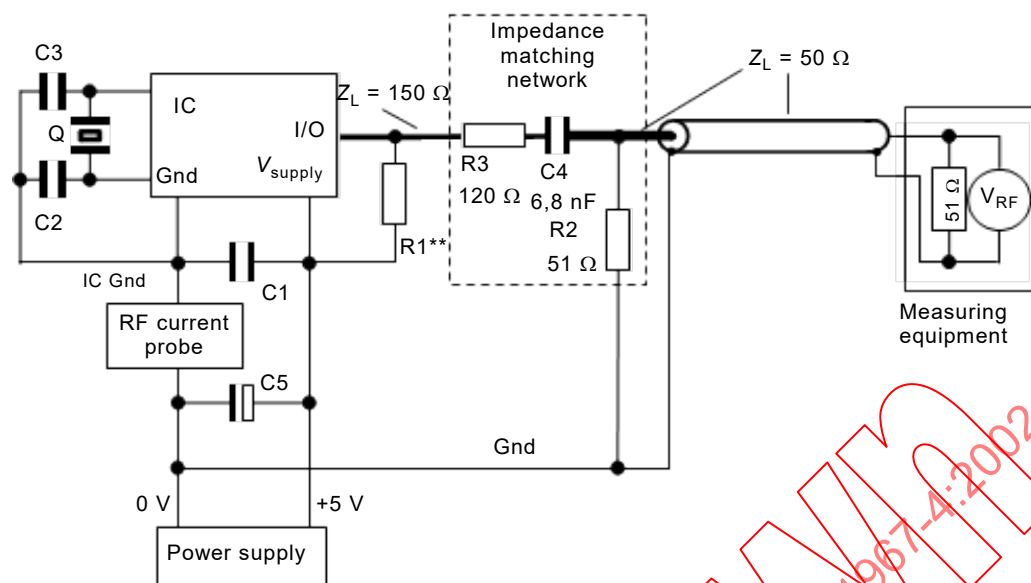
Il convient que la couche inférieure soit utilisée comme plan de masse.

Si la masse périphérique et la masse CI sont utilisées pour la méthode de 1 Ω, ces deux masses sont isolées par un intervalle d'isolation. Il est recommandé que cet intervalle d'isolation ait une valeur comprise entre 0,5 mm et 0,6 mm.

Si nécessaire, la masse de CI doit être située en dessous du dispositif en essai. Il est recommandé que la taille maximale de cette surface ne dépasse pas l'empreinte minimale de boîtier de plus de 3 mm sur chaque face.

On doit contrôler la capacité de couplage parasite entre masse CI et masse périphérique pour obtenir la précision nécessaire pour des fréquences assez élevées. Cette capacité de couplage parasite entre masse CI et masse périphérique doit être inférieure à 30 pF.

La masse CI est seulement connectée à la masse périphérique par une sonde de 1 Ω. Il convient d'utiliser une prise socle pour la sonde de courant RF. Il convient que le blindage de l'embout de la sonde de courant RF soit connecté à la masse périphérique RF par la prise, tandis que la masse CI ou le contact à la masse CI est connecté à l'embout de la sonde de courant. La connexion entre la masse CI et l'embout de la sonde doit être aussi courte que possible. Dans tous les cas, la longueur de piste ne doit pas dépasser 15 mm. Il convient que la piste soit connectée à la masse CI à la distance la plus courte par rapport au centre du dispositif en essai.



\*\* pull up / pull down may be required depending on application

IEC

**Figure 5 – General test configuration**

## 7.2 Printed circuit test board layout

In order to obtain a high degree of repeatability of measurements and be able to make a valid comparison between different printed circuit test boards, the following guidance is given.

The test board should be built using PCB material of epoxy type (thickness 0,6 mm to 3 mm, dielectric constant about 4,7). The top side and the bottom side are covered with a minimal 35  $\mu\text{m}$  copper layer.

The bottom layer should be used as ground plane.

If peripheral ground and IC ground are used for the 1  $\Omega$  method, these two grounds are isolated by an isolation gap. This isolation gap should be between 0,5 mm and 0,6 mm.

If needed, the IC ground shall be located underneath the DUT. The maximum size of this area should not exceed the size of the package minimum footprint by more than 3 mm on each side.

To obtain the necessary accuracy for higher frequencies, parasitic coupling capacitance between IC ground and peripheral ground shall be controlled. This parasitic coupling capacitance between IC ground and peripheral ground shall be lower than 30 pF.

The IC ground is solely connected to the peripheral ground via the 1  $\Omega$  probe. A socket for the RF current probe should be used. The shield of the RF current probe tip should be connected to RF peripheral ground by the socket, while the IC ground or the IC ground pin is connected to the current probe tip. The connection between the IC ground and the probe tip shall be as short as possible. In any case, the trace length shall not exceed 15 mm. The trace should be connected to the IC ground at the shortest distance to the centre point of the DUT.

Si les directives indiquées ci-dessus ne sont pas applicables, la caractéristique de transfert de la conception modifiée doit être déterminée et documentée dans le rapport d'essai.

Il convient que le dispositif en essai et tous les composants nécessaires pour le faire fonctionner soient montés sur la face supérieure de la carte d'essai. Il est recommandé que la plus grande partie possible du câblage soit acheminée dans la couche supérieure. Il convient que le dispositif en essai soit placé au centre de la carte à circuit imprimé et que les réseaux d'adaptation nécessaires soient placés autour de cette partie centrale. Il convient que le câblage entre les broches CI et le réseau d'adaptation soient conçus de manière à avoir une impédance de ligne de 150  $\Omega$ . Si l'impédance de ligne de 150  $\Omega$  est difficile à mettre en œuvre, il faut que la ligne ait l'impédance maximale raisonnable mais suffisamment courte pour être conforme aux exigences du tableau 2.

Il convient que le câblage des sorties des réseaux d'adaptation soit conçu pour avoir une impédance de ligne de 50  $\Omega$ . On peut trouver un exemple de disposition de carte à circuit imprimé en E.2.1.

L'alimentation doit être connectée avec un seul fil directement au condensateur C5. C5 pourrait être un dispositif pour montage en surface, de type électrolytique et avoir une valeur d'au moins 10  $\mu\text{F}$ . Le condensateur C5 doit être positionné à proximité de la prise de la sonde.

La carte d'essai peut être de forme rectangulaire ou circulaire.

## **8 Procédure d'essai**

Les exigences de cette procédure d'essai sont décrites dans la CEI 61967-1.

## **9 Rapport d'essai**

Les exigences pour le rapport d'essai sont décrites dans la CEI 61967-1.

Les résultats des mesures d'émission peuvent être présentés en utilisant des niveaux de classification ou de référence. Un exemple de plan de classification pour niveaux d'émission est présenté à l'annexe B. De plus, l'annexe C montre comment ce plan de classification peut être appliqué aux niveaux de référence de montage pour les CI utilisés dans l'industrie automobile.

If the above mentioned directives are not applicable, the transfer characteristic of modified design shall be determined and documented in the test report.

The DUT and all components needed to operate the DUT should be mounted onto the top side of the test board. As much wiring as possible should be routed in the top layer. The device under test should be placed in the centre of the PCB, while the needed matching networks should be placed around this centre. The wiring between the IC pins and the matching network should be designed to have a line impedance of 150  $\Omega$ . In case the 150  $\Omega$  line impedance is difficult to implement, the line must be of the maximum reasonable impedance but short enough, in order to comply with the requirements of table 2.

The wiring of the outputs of the matching networks should be designed to have a line impedance of 50  $\Omega$ . An example of a PCB layout can be found in E.2.1.

The supply shall be connected with a single wire directly to the capacitor C5. C5 could be a surface mount device, of electrolytic type and having a value of at least 10  $\mu\text{F}$ . The capacitor C5 shall be positioned near the probe socket.

The test board may have any rectangular or circular shape.

## 8 Test procedure

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

## 9 Test report

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

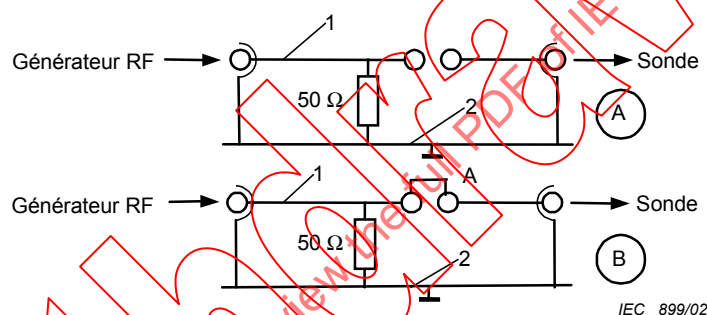
Emission measurement results may be presented using classification or reference levels. An example of a classification scheme for emission levels is presented in annex B. In addition, annex C shows how this classification scheme may be applied to set-up reference levels for ICs used in the automotive industry.

## Annexe A (normative)

### Procédure d'étalonnage de sonde

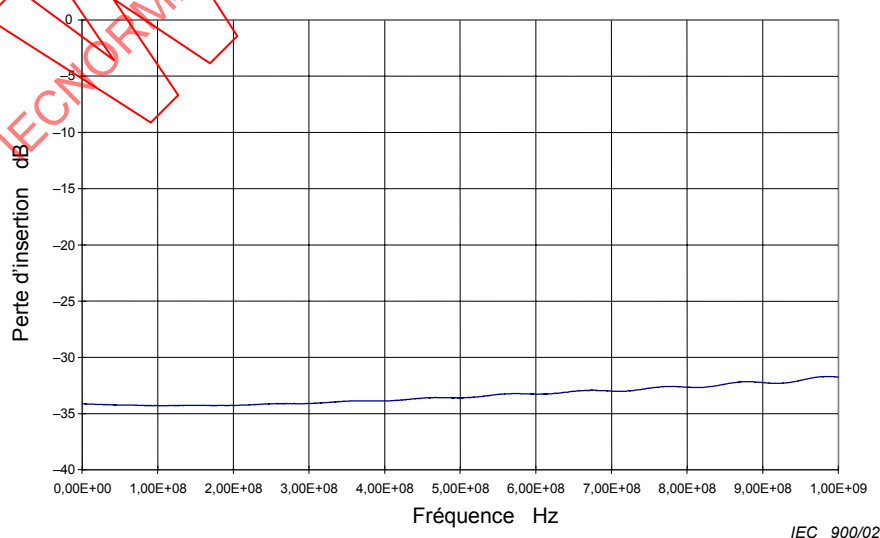
Le circuit d'essai représenté à la figure A.1 est recommandé pour l'étalonnage de sonde. Il se compose d'une carte de circuit imprimé utilisant les techniques de microignes de transmission (voir figure A.3). La carte a un accès d'entrée auquel le générateur RF est connecté. La sonde de courant RF à étalonner est connectée à l'accès de sortie. La sortie de la sonde de courant RF est connectée au récepteur d'essai (voir figure A.4). Cette procédure d'étalonnage mesure l'isolation fournie par le circuit d'essai dans un système de  $50\ \Omega$  (voir également le CISPR 16-1) et la perte d'insertion de la sonde de courant RF.

Deux mesures séparées sont nécessaires. La première mesure est réalisée avec le circuit d'essai configuré comme représenté à la figure A.1, schéma A. Noter que la pince A n'est pas insérée. Pendant le balayage de la gamme de fréquences exigée par le générateur RF, mesurer la tension apparaissant à la sortie de la sonde de courant RF.



**Figure A.1 – Circuit d'essai**

La deuxième mesure est réalisée de manière identique à la première mais avec la pince A installée pour shunter le générateur RF à l'entrée de la sonde comme représenté à la figure A.1, schéma B. Cette mesure donne la perte d'insertion de la sonde de courant RF qui indique sa sensibilité. La figure A.2 montre un résultat d'une telle mesure.



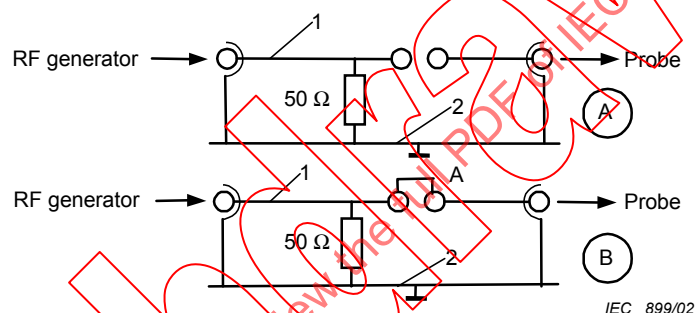
**Figure A.2 – Perte d'insertion d'une sonde de  $1\ \Omega$**

## Annex A (normative)

### Probe calibration procedure

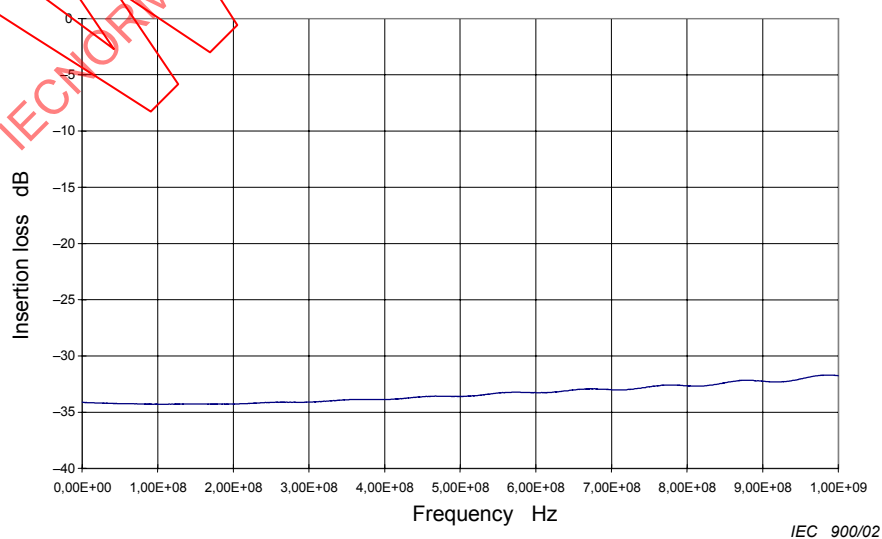
The test circuit shown in figure A.1 is recommended for the probe calibration. It consists of a PCB laid out using microstrip techniques (see figure A.3). The PCB has an input port to which the RF generator is connected. The RF current probe to be calibrated is connected to the output port. The RF current probe output is connected to a test receiver (see figure A.4). This calibration procedure measures the isolation provided by the test circuit in a 50  $\Omega$  system (see also CISPR 16-1) and the insertion loss of the RF current probe.

Two separate measurements are required. The first measurement is performed with the test circuit configured as shown in figure A.1, circuit diagram A. Note that clamp A is not inserted. While sweeping the RF generator over the required frequency range, measure the voltage appearing at the output of the RF current probe.



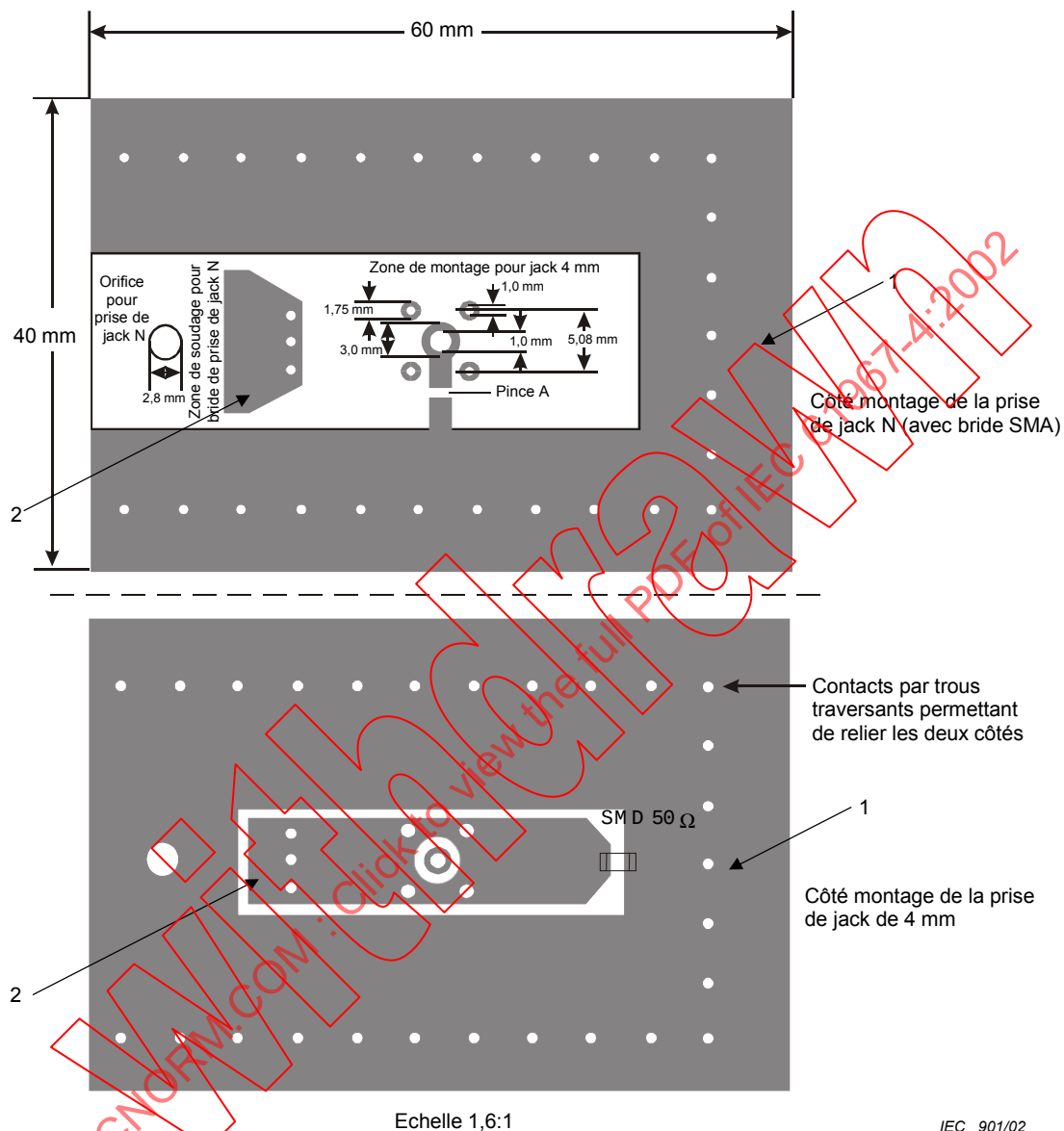
**Figure A.1 – Test circuit**

The second measurement is performed identically to the first but with clamp A installed to shunt the RF generator to the probe input as shown in figure A.1, circuit diagram B. This measurement results in the RF current probe insertion loss which indicates its sensitivity. Figure A.2 shows a result of such a measurement.



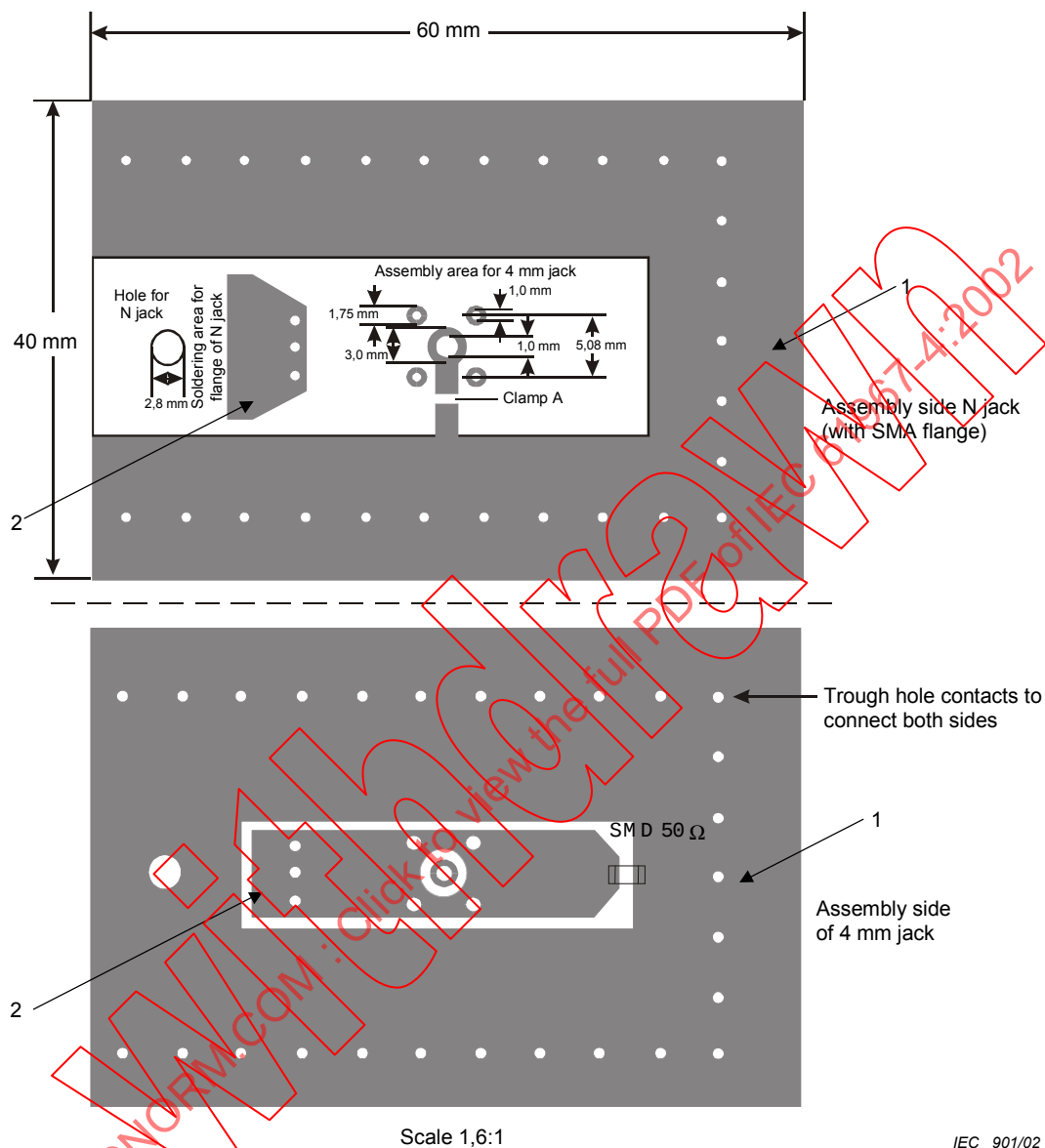
**Figure A.2 – Insertion loss of the 1  $\Omega$  probe**

La différence calculée des deux mesures est appelée «découplage». Le découplage doit être supérieur à la limite indiquée à la figure A.5. Le découplage est égal à la dynamique de mesure par rapport à la source du signal. Le découplage inclut les caractéristiques de qualité, la sensibilité et le blindage de la sonde.



**Figure A.3 – Disposition du circuit d'essai d'étalonnage**

The calculated difference of both measurements is called the “decoupling”. The decoupling shall be above the limit shown in figure A.5. The decoupling is equal to the measurement dynamics in relation to the signal source. The decoupling does include the quality characteristics, the sensitivity and the shielding of the probe.



**Figure A.3 – Layout of the calibration test circuit**

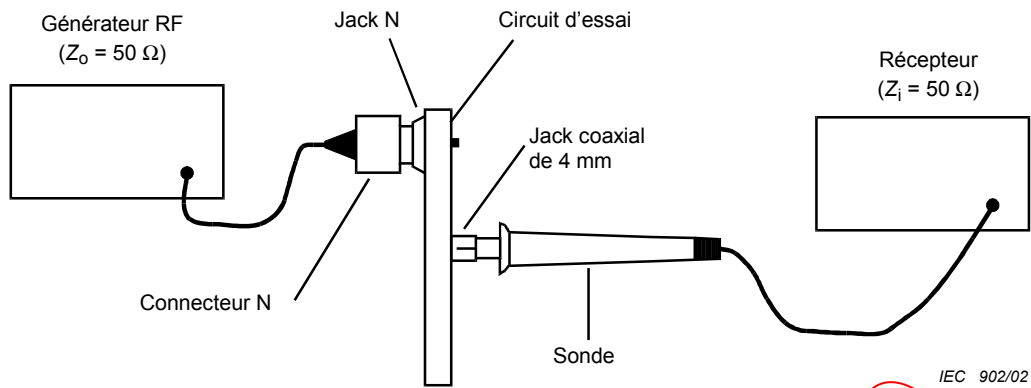


Figure A.4 – Connexion du circuit d'essai d'étalonnage

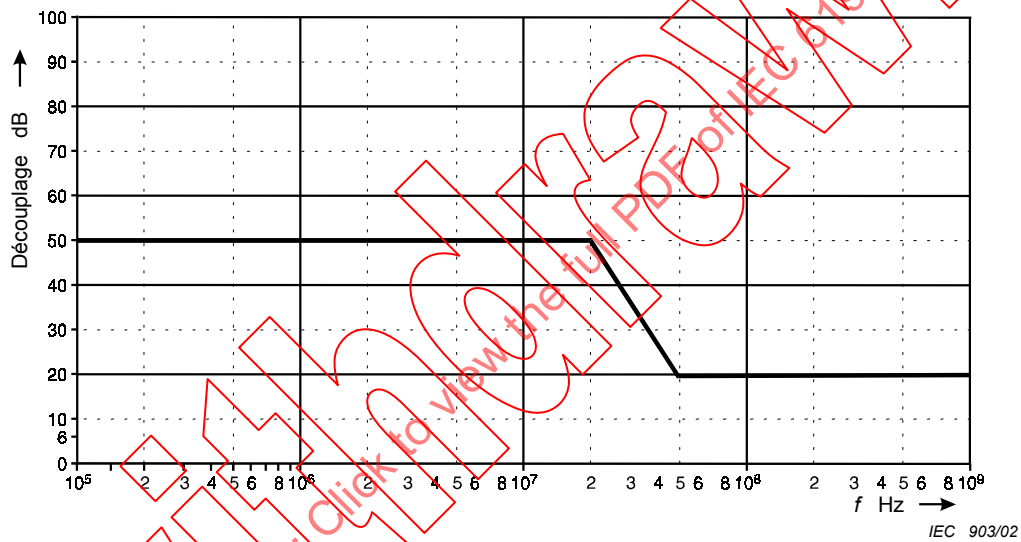


Figure A.5 – Limite minimale de découplage par rapport à la fréquence

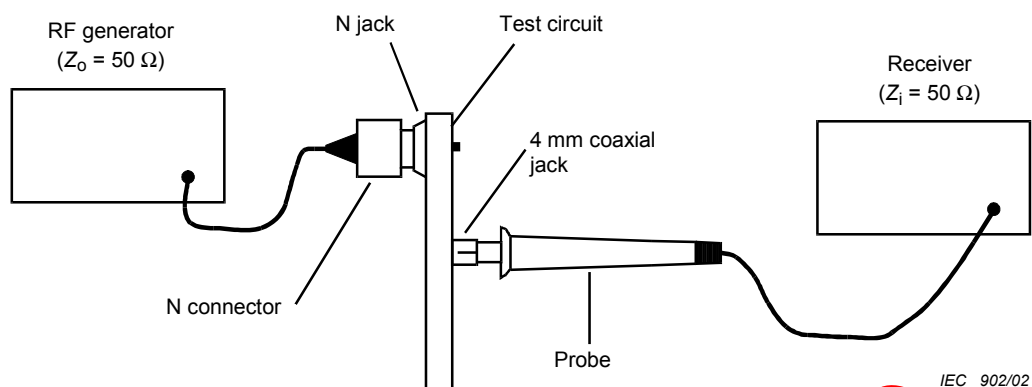


Figure A.4 – Connection of the calibration test circuit

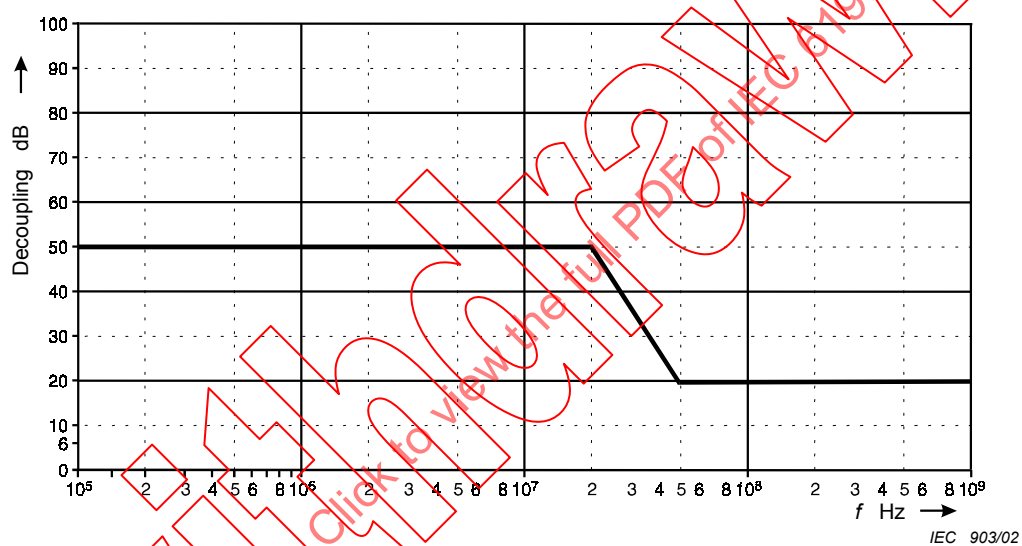


Figure A-5 – Minimum decoupling limit versus frequency

## Annexe B (informative)

### Classification des niveaux des émissions conduites

#### B.1 Remarque d'introduction

Cette annexe est destinée à fournir une méthode de classification des niveaux des émissions conduites des circuits intégrés par l'application des conditions d'essai décrites dans la présente spécification.

#### B.2 Généralités

Cette annexe n'est pas destinée à spécifier ou à impliquer des limites d'émissions conduites pour les CI. Cependant, par application soigneuse et accord entre le fabricant et l'utilisateur, il est possible d'établir une spécification de dispositif qui stipule le comportement EME conduit maximal admissible pour un circuit intégré particulier dans une application spécifique lorsque l'essai est réalisé conformément aux procédures du présent document.

Il est aussi à noter que l'annexe n'est pas une spécification de produit et ne peut fonctionner comme telle. Néanmoins, en utilisant le concept décrit dans le présent document, et par une application prudente couplée à un accord entre le fabricant et l'utilisateur, il est possible de développer un document précisant le comportement EME pour un circuit intégré spécifique.

#### B.3 Définition des niveaux d'émission

Le schéma de la figure B.1 définit les niveaux de classification des émissions conduites utilisés pour définir une enveloppe globale des émissions mesurées. Ce schéma peut être utilisé pour classer à la fois le courant RF mesuré avec la sonde de courant RF et la tension RF aux broches CI, mesurée en utilisant le réseau d'adaptation d'impédance.

Le schéma suit la théorie d'une réponse à impulsions trapézoïdales et propose trois pentes différentes d'amplitudes d'émission avec une distance de 6 dB:

- 0 dB/décade (théorie: ligne d'amplitude constante jusqu'à la première fréquence de coude  $1/(\pi\tau)$ )
- -20 dB/décade (théorie: réduction d'amplitude jusqu'à la seconde fréquence de coude  $1/(\pi\tau_r)$ )
- -40 dB/décade (théorie: réduction d'amplitude aux fréquences  $> 1/(\pi\tau_r)$ ).

Les fréquences de coude dépendent des temps de montée/descente ( $\tau_r$ ) ainsi que de la durée d'impulsion ( $\tau$ ).

Le schéma de niveau d'émission de la figure B.1 permet le choix de différentes pentes pour différentes fréquences pour mieux décrire l'EME conduite mesurée. L'EME peut être décrite avec une, deux ou trois pentes selon ce qui est nécessaire pour mieux correspondre aux données mesurées.

Différentes combinaisons sont possibles qui reflètent les exigences actuelles de l'application de manière bien plus précise (par exemple adaptées à la fréquence de commutation des accès du microcontrôleur).

## **Annex B** (informative)

### **Classification of conducted emission levels**

#### **B.1 Introductory remark**

The purpose of this annex is to provide a method of classifying the conducted emissions levels of integrated circuits by application of the test conditions described in this specification.

#### **B.2 General**

This annex is not intended to specify or imply conducted emissions limits for ICs. However, by careful application and agreement between manufacturer and user, it is possible to develop a device specification that specifies the maximum conducted EME allowable for a specific integrated circuit in a specific application when tested in accordance with the procedures in this document.

It should also be noted that the annex is not meant to be a product specification and cannot function as one. Nevertheless, using the concept described in this document and by careful application and agreement between manufacturer and user, it would be possible to develop a document giving the EME behaviour for a specific integrated circuit.

#### **B.3 Definition of emission levels**

The diagram in figure B.1 defines the conducted emissions classification levels used to define the overall envelope of the measured emissions. This diagram can be used to classify both the RF current measured with the RF current probe and the RF voltage at IC pins, measured using the impedance matching network.

The scheme follows the theory of a periodical trapezoidal pulse response and offers three different slopes of emission amplitudes with a 6 dB distance:

- 0 dB/decade (theory: constant amplitude line till the first corner frequency  $1/(\pi\tau)$ )
- –20 dB/decade (theory: decrease of amplitude till second corner frequency  $1/(\pi\tau_r)$ )
- –40 dB/decade (theory: decrease of amplitude at frequencies  $>1/(\pi\tau_r)$ ).

The corner frequencies are dependent on the rise/fall times ( $\tau_r$ ) and the duration ( $\tau$ ) of the pulse.

The emission level diagram shown in figure B.1 enables the selection of different slopes for different frequencies to better describe the measured conducted EME. The EME can be described with one, two or three slopes as required to best fit the measured data.

Various combinations are possible reflecting the actual requirements of the application much more precisely (e.g. adapted to the switching frequency of the ports of a microcontroller).

## B.4 Présentation des résultats

La description du niveau maximal d'émission peut comprendre jusqu'à trois éléments. Chaque élément représente un des trois identificateurs de pente disponibles comme décrit en B.3 et représentés à la figure B.1. Les lettres majuscules sont utilisées pour indiquer une pente de 0 dB/décade. Les chiffres sont utilisés pour indiquer une pente de –20 dB/décade. Les lettres en minuscule sont utilisées pour indiquer une pente de –40 dB/décade. En partant de l'hypothèse que l'une des trois pentes n'est pas nécessaire, la lettre ou le chiffre correspondant ne sera pas pris en compte. Le niveau d'émission maximal défini à la figure B.1 offre une manière normalisée de communiquer des niveaux d'émission maximaux sans ambiguïté.

En général, le premier élément est une **lettre majuscule** qui représente l'amplitude maximale des données mesurées. Le deuxième élément peut être soit un **chiffre** soit une **lettre minuscule** qui définit la position de la pente de –20 dB/décade, ou de –40 dB/décade, respectivement. Le **troisième** élément peut être une **lettre majuscule**, une **lettre minuscule** ou un **chiffre**.

Dans le cas d'émissions mesurées qui sont proches de celles résultant d'une forme d'onde trapézoïdale, la **lettre majuscule** est la **première** et représente la position de la ligne horizontale avec pente de 0 dB/décade. **En deuxième**, on trouve le **chiffre** qui définit la pente de –20 dB/décade. **En troisième** la **lettre minuscule** qui définit la position de la pente –40 dB/décade.

Les points d'intersection des pentes représentent la première et la deuxième fréquence de coude décrites en B.3.

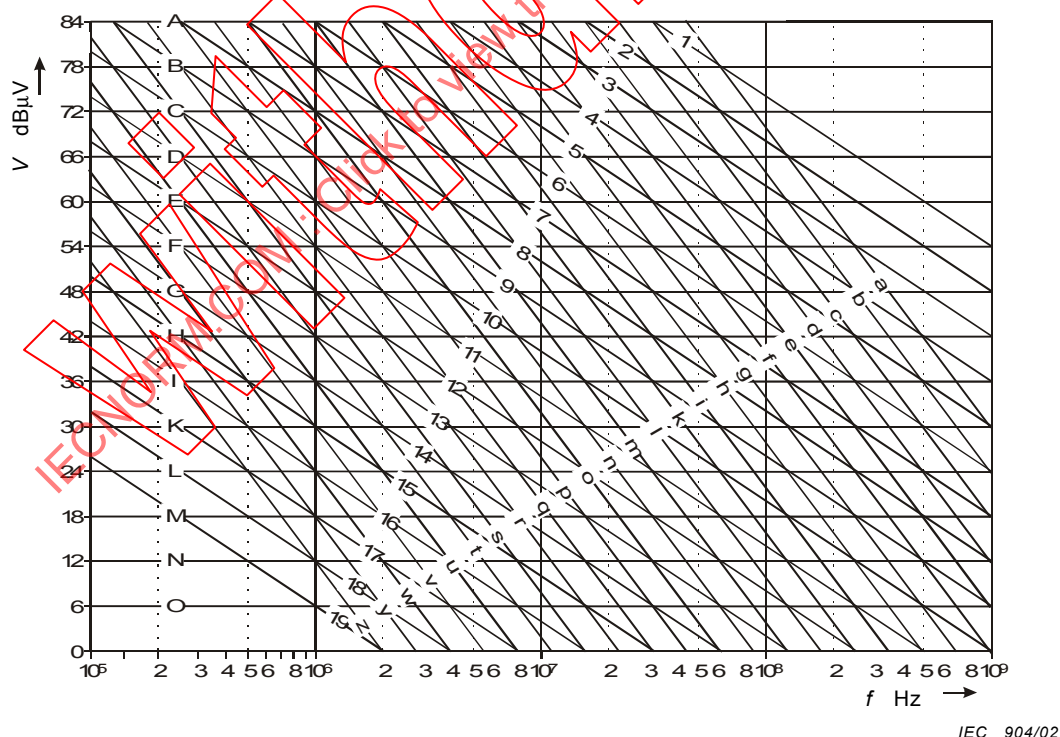


Figure B.1 – Schéma des niveaux d'émission

## B.4 Presentation of results

The description of the maximum emission level can consist of up to three digits. Each digit represents one of three available slope identifiers as described in B.3 and shown in figure B.1. Capital letters are used to indicate a 0 dB/decade slope. Numbers are used to indicate a –20 dB/decade slope. Small letters are used to indicate a –40 dB/decade slope. Assuming that one of the three slopes is not needed, then the corresponding letter or number will be left off. The defined maximum emission level in figure B.1 offers a standardised way to communicate maximum emission levels unambiguously.

In general, the first digit is a **capital letter** that represents the maximum amplitude of the measured data. The second digit can either be a **number** or **small letter** that defines the position of the –20 dB/decade slope or –40 dB/decade slope, respectively. The **third** digit can be a **capital letter**, **small letter** or **number**.

In the case of measured emissions that approximate those resulting from a trapezoidal waveform, the **capital letter** is **first** and represents the position of the horizontal line with 0 dB/decade slope. **Second** is the **number** which defines the slope of –20 dB/decade. The **third** and **small letter** defines the position of the –40 dB/decade slope.

The points of intersection of the slopes represent the first and second corner frequencies as described in B.3.

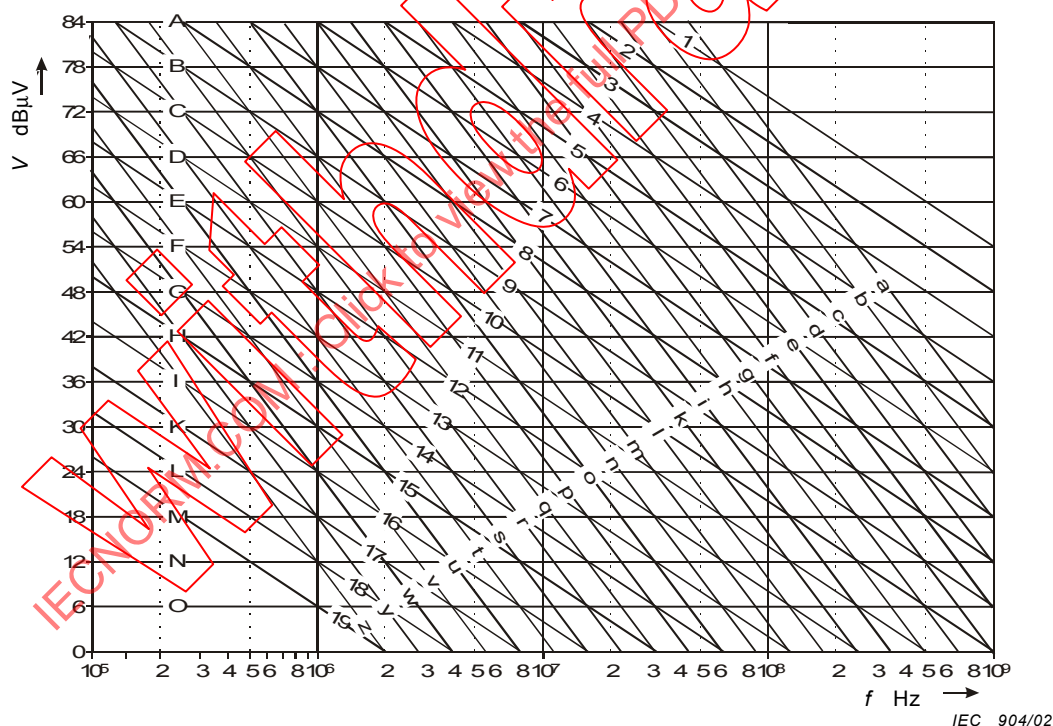


Figure B.1 – Emission level scheme

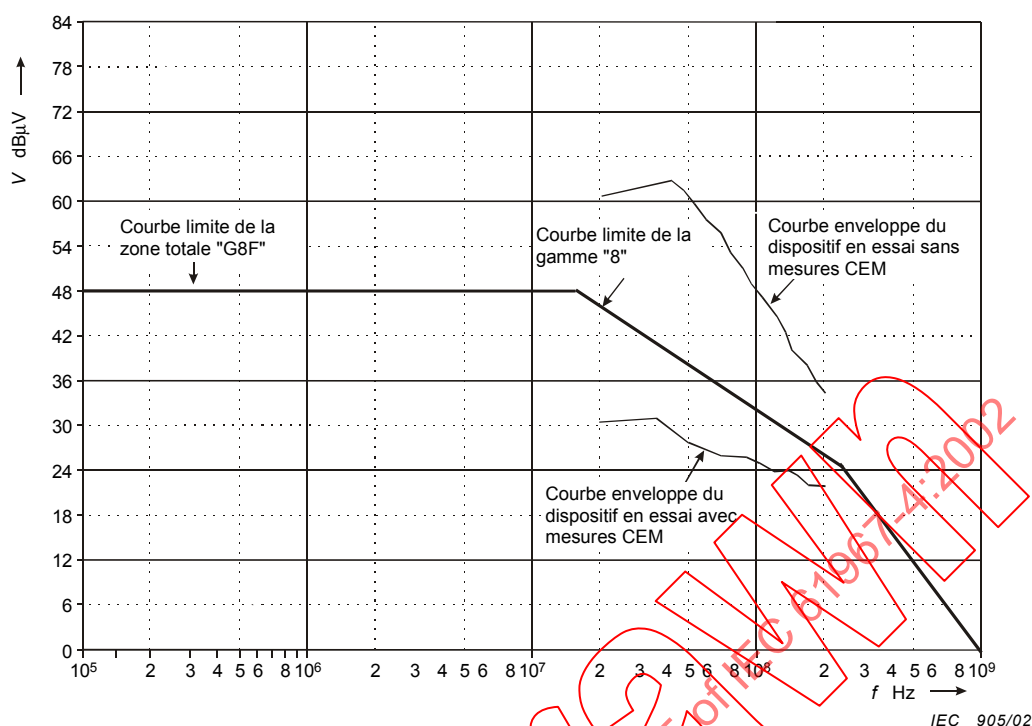


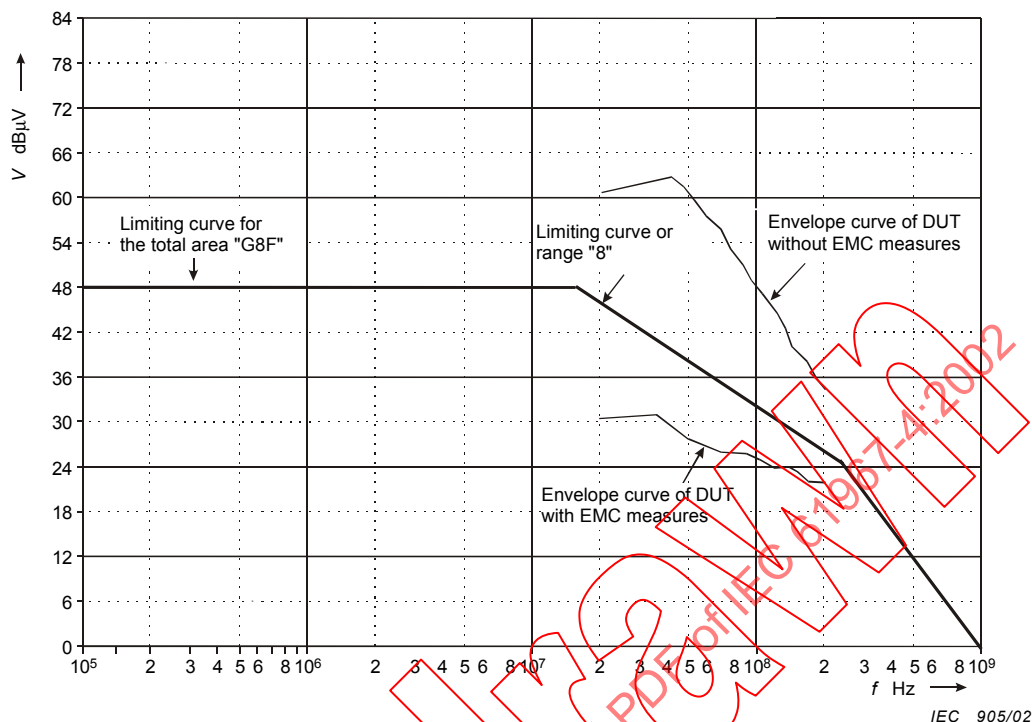
Figure B.2 – Exemple de niveau d'émission maximal G8f

#### B.4.1 Exemple 1

La figure B.2 représente un exemple de sélection des lignes de pente "G", "8" et "f" pour décrire l'EME conduite de CI mesurée.

D'autres notations sont également possibles:

- "8f": aucune pente 0 dB/décade; cela est utile si la fréquence la plus basse à mesurer est supérieure à la première fréquence de coude;
- "f": seule la pente -40 dB/décade est utilisée; cela est utile si la fréquence la plus basse à mesurer est supérieure à la deuxième fréquence de coude;
- "8": seule la pente -20 dB/décade est utilisée; cela est utile si la fréquence la plus basse à mesurer est supérieure à la première fréquence de coude et si la fréquence la plus élevée à mesurer est inférieure à la deuxième fréquence de coude.



**Figure B.2 – Example of the maximum emission level G8f**

#### B.4.1 Example 1

Figure B.2 represents an example whereby slope lines "G", "8" and "f" are selected to describe the measured IC conducted EME.

Other notations are also possible:

- "8f": no 0 dB/decade slope; this is useful if the lowest frequency to be measured is higher than the first corner frequency;
- "f": only the  $-40 \text{ dB/decade}$  slope is used; this is useful if the lowest frequency to be measured is higher than the second corner frequency;
- "8": only the  $-20 \text{ dB/decade}$  slope is used; this is useful if the lowest frequency to be measured is higher than the first corner frequency, and the highest frequency to be measured is lower than the second corner frequency.

### B.4.2 Exemple 2

Ceci est un exemple de la manière dont le fournisseur de CI pourrait caractériser les performances d'émission d'un circuit intégré pour la vente ou l'ingénierie. Le tableau B.1 montre les courbes limites (tension) pour toutes les broches de CI et la courbe limite pour le courant de somme (en dB $\mu$ V).

**Tableau B.1 – Niveaux d'émission**

| Numéro de broche | Courbe limite |
|------------------|---------------|
| 1                | H11m          |
| 2                | H11m          |
| 3                | H11m          |
| 4                | H11m          |
| 5                | H11m          |
| 6                | 13q           |
| 7                | 13g           |
| 8                |               |
|                  |               |
| Courant de somme | L15s          |

**B.4.2 Example 2**

This example shows how the IC supplier might characterise the emission performance of an integrated circuit for sales or engineering purposes. Table B.1 shows the limit curves (voltage) for all IC pins and the limit curve for the sum current (given in dB $\mu$ V).

**Table B.1 – Emission levels**

| PIN number  | Limit curve |
|-------------|-------------|
| 1           | H11m        |
| 2           | H11m        |
| 3           | H11m        |
| 4           | H11m        |
| 5           | H11m        |
| 6           | 13q         |
| 7           | 13g         |
| 8           |             |
|             |             |
| Sum current | L15s        |

## Annexe C (informative)

### Exemple de niveaux de référence pour applications automobiles

#### C.1 Remarque d'introduction

Cette annexe contient des exemples de niveaux de référence, destinés à être utilisés avec les procédures d'essai d'émissions selon la présente norme pour les mesures des perturbations radioélectriques dans la gamme de fréquences de 150 kHz à 1 000 MHz.

Ces niveaux de référence sont tirés du schéma de l'annexe B. Cela s'applique aux semiconducteurs utilisés pour les composants automobiles. Les exigences pour les semiconducteurs sur d'autres applications peuvent être différentes.

Les niveaux de référence de cette annexe sont des niveaux recommandés et ils sont soumis à modification selon accord entre le constructeur automobile et le fournisseur de composants et de semiconducteurs.

Sur la base de l'expérience de l'industrie automobile, on peut dire la chose suivante:

Les mesures des émissions des semiconducteurs ne peuvent pas complètement caractériser la capacité de perturbation des composants électroniques des véhicules dans lesquels elles sont appliquées. Cela s'explique par les différents effets dans le véhicule et les composants de véhicule (par exemple masse, résonance, atténuation et couplage), qui peuvent également participer au comportement d'émission ou modifier le comportement d'émission. C'est pourquoi les mesures des émissions des semiconducteurs ne peuvent pas complètement remplacer les mesures des véhicules et des composants selon le CISPR 25 <sup>4</sup>.

#### C.2 Généralités

Cette annexe définit des niveaux de référence dans la mesure où l'emplacement de montage, la construction du châssis du véhicule, les faisceaux de câbles, les masses et la conception de carte pour circuit imprimé peuvent affecter le couplage des perturbations radioélectriques générées par le fonctionnement des dispositifs à semiconducteurs sur la radio de bord.

Les niveaux à utiliser sur un dispositif à semiconducteurs spécifique (en fonction de la gamme de fréquences) doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur de véhicules et le fournisseur de composants et de semiconducteurs.

Dans des cas particuliers, un écart par rapport à ces classes de niveaux de référence peut faire l'objet d'un accord entre les utilisateurs de cette norme conformément aux exigences de l'annexe D.

#### C.3 Niveaux de référence

Pour avoir une réception radio acceptable à l'intérieur d'un véhicule, il convient que le bruit conduit ne dépasse pas une des valeurs ayant fait l'objet d'un accord et représentées aux figures C.1 et C.2.

NOTE Les résultats des mesures utilisant la méthode à 1  $\Omega$  ne correspondent pas à ceux utilisant la méthode à 150  $\Omega$  dans tous les cas (par exemple dans les cas de sources ou d'impédances de borne différentes).

<sup>4</sup> CISPR 25, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations radioélectriques pour la protection des récepteurs utilisés à bord de véhicules*

## **Annex C** (informative)

### **Example of reference levels for automotive applications**

#### **C.1 Introductory remark**

This annex contains examples of reference levels intended to be used on the emission test procedures according to this standard for the measurements of radio disturbances in the frequency range of 150 kHz to 1 000 MHz.

The reference levels are a selection from the scheme in annex B. It applies to semiconductors used for automotive components. The requirements for semiconductors on other applications may be different.

The reference levels in this annex are recommended and subject to modification as agreed between the vehicle manufacturer, the component and the semiconductor supplier.

Based on the experience of the automotive industry, the following is stated:

Semiconductor emission measurements cannot completely characterise the disturbance capability of electronic vehicle components in which they are applied. The reason for this is seen in various effects in the vehicle and vehicle components (e.g. grounding, resonance, attenuation and coupling), which may also contribute to the emission behaviour or change the emission behaviour. Therefore, semiconductor emission measurements cannot fully replace vehicle and component measurements according to CISPR 25 <sup>4</sup>.

#### **C.2 General**

Since the mounting location, vehicle body construction, harness, grounding and printed circuit board (PCB) design can affect the coupling of radio disturbances generated by the operation of semiconductor devices to the on-board radio, this annex defines reference levels.

The levels to be used on a specific semiconductor device (as a function of frequency band) are to be agreed by the vehicle manufacturer, the component and the semiconductor supplier.

In specific cases, a deviation from these reference level classes can be agreed between the users of this standard according to the requirements of annex D.

#### **C.3 Reference levels**

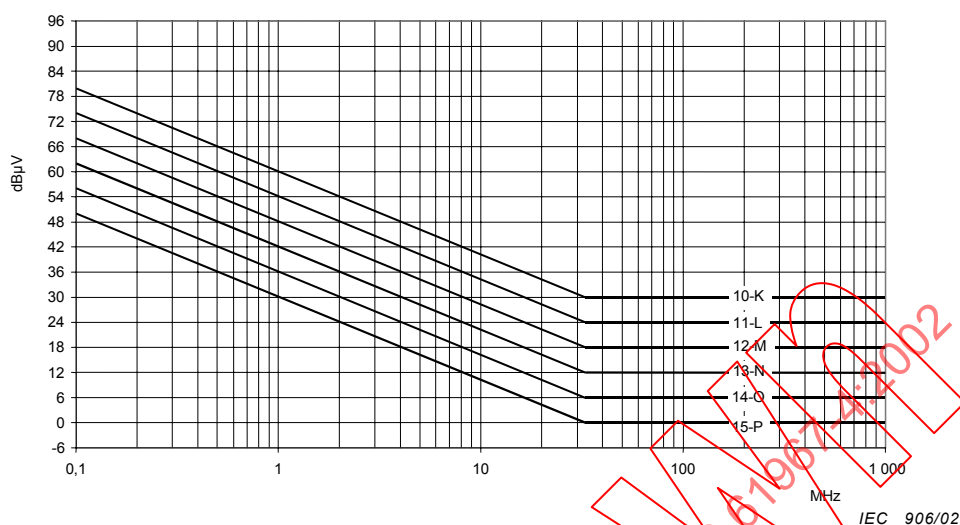
For acceptable radio reception in a vehicle, the conducted noise should not exceed one of the agreed values shown in figure C.1 and figure C.2.

NOTE Results of measurements using the 1  $\Omega$  method do not correspond to those using the 150  $\Omega$  method in all cases (e.g. in cases of different source or terminal impedance).

---

<sup>4</sup> CISPR 25, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles*

### C.3.1 Mesures des émissions conduites, méthode à 1 $\Omega$

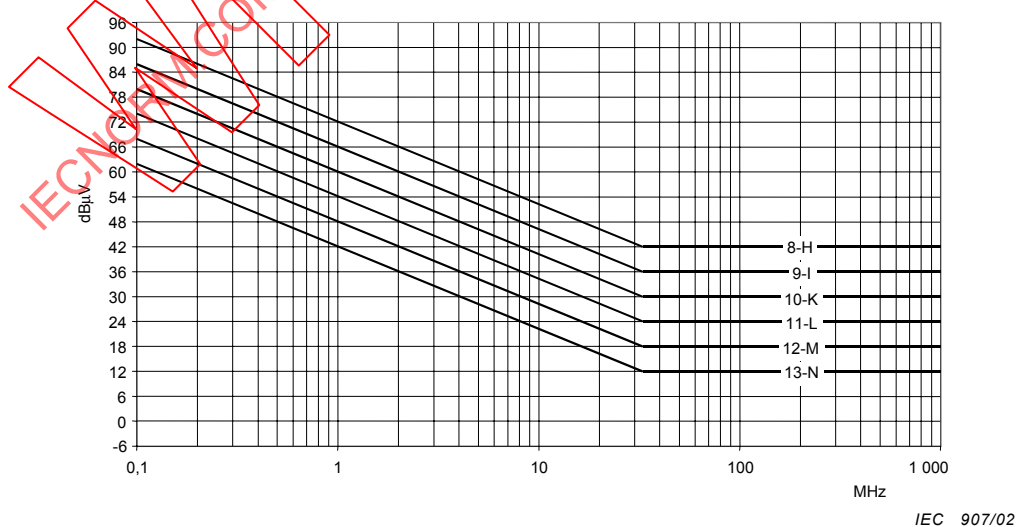


**Figure C.1 – Méthode à 1  $\Omega$  – Niveaux de référence pour perturbations conduites provenant de semiconducteurs (détecteur de crête)**

La conformité aux niveaux de référence de la figure C.1 n'assure pas dans tous les cas une suppression suffisante du bruit émis par un semiconducteur, par exemple si la répartition des courants de perturbation n'inclut pas toutes les lignes significatives. Cependant, les mesures sur les seules lignes de masses peuvent souvent donner une impression moyenne concernant la capacité des semiconducteurs à émettre des perturbations.

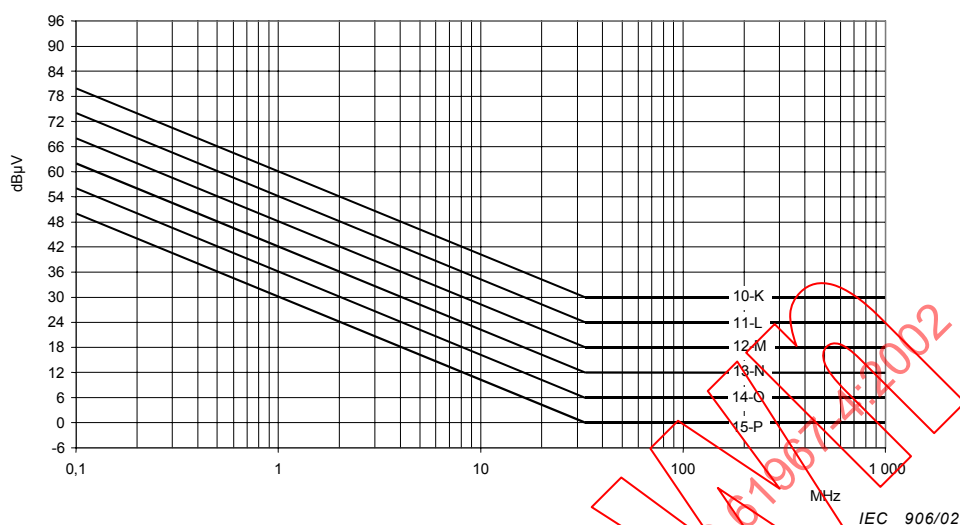
### C.3.2 Mesures des émissions conduites, méthode à 150 $\Omega$

Cette méthode permet de caractériser les niveaux d'émission sur les broches individuelles. C'est pourquoi il est habituel que d'autres mesures doivent être réalisées pour décrire complètement la capacité des semiconducteurs à émettre des perturbations.



**Figure C.2 – Méthode à 150  $\Omega$  – Niveaux de référence pour perturbations conduites provenant de semiconducteurs (détecteur de crête)**

### C.3.1 Measurements of conducted emissions, 1 $\Omega$ method

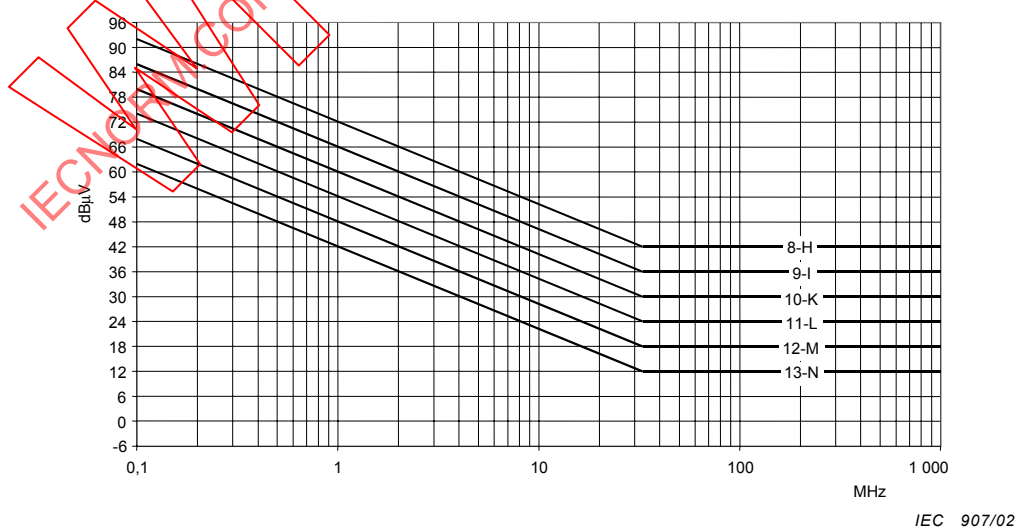


**Figure C.1 – 1  $\Omega$  method – Reference levels for conducted disturbances from semiconductors (peak detector)**

Conformance with the reference levels in figure C.1 does not ensure a sufficient noise suppression emitted by a semiconductor in all cases, e.g. if the disturbance currents distribution does not include all significant lines. However, measurements only on the ground lines can often give an average impression concerning the semiconductor capability to emit disturbances.

### C.3.2 Measurements of conducted emissions, 150 $\Omega$ method

This method is able to characterise the emission levels on single pins. Therefore, it is usual that further measurements have to be performed to describe the semiconductor capability to emit disturbances completely.



**Figure C.2 – 150  $\Omega$  method – Reference levels for conducted disturbances from semiconductors (peak detector)**

## Annexe D (informative)

### Exigences CEM et méthode d'utilisation des techniques de mesure CEM CI

#### D.1 Introduction

Le développement de systèmes, modules et CI optimisés CEM nécessite la définition de niveaux de classification d'émission et de procédures d'essai adaptées pour mesurer les émissions générées. Il existe des normes CEM avec des limites d'émission pour les systèmes, sous-systèmes et modules électroniques mais il n'en n'existe pas encore pour les CI utilisés dans ces systèmes, sous-systèmes et modules. Les procédures normalisées de mesure de CEM pour CI constituent une tentative pour combler ce vide, mais il existe des problèmes importants qu'il faut d'abord régler.

#### D.2 Utilisation des procédures de mesures CEM

En l'état actuel des choses, la qualification complète d'un CI ne peut être obtenue que si, avec la mesure du courant RF, on mesure également les broches individuelles en appliquant la méthode à broche unique. Dans des applications spécifiques avec des exigences réduites, seule une sélection de broches peut être soumise aux essais avec la méthode à broche unique. Si cela a été effectué, on doit le noter avec une explication pour l'utilisateur.

Le tableau D.1 présente certaines possibilités dans lesquelles la procédure de mesure peut être réduite.

**Tableau D.1 – Exemples dans lesquels la procédure de mesure peut être réduite**

| Paramètres liés aux composants                                                                                                                                                                                                                                     | Configuration du CI                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plusieurs broches ne sont pas utilisées et par conséquent ne sont pas reliées à la carte pour circuit imprimé (aucune boucle potentielle de courant)</li> <li>– Les blocs existants du CI ne sont pas utilisés</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plusieurs broches (accès E/S) avec le même comportement CEM</li> </ul> |

Compte tenu de l'existence de plusieurs paramètres ambiants techniques (voir aussi le tableau D.2) il n'y a pas de corrélation directe possible entre les mesures CEM des systèmes et des modules ni entre les mesures CEM des modules et des CI. L'approbation finale d'un module – et par conséquent aussi du CI – est seulement possible après une mesure CEM satisfaisante du système.

Normalement, un déparasitage complémentaire tel que des filtres et un écran métallique est requis. La réalisation de ces différentes mesures de CEM à l'intérieur du CI et/ou à l'extérieur de celui-ci sur la carte de circuit imprimé dépend largement du coût et de la faisabilité (espace disponible, etc.).

## Annex D (informative)

### EMC requirements and how to use EMC IC measurement techniques

#### D.1 Introduction

The development of EMC optimised systems, modules and ICs requires the definition of emission classification levels and suitable test procedures to measure the generated emissions. EMC standards with emission limits exist for electronic systems, subsystems, and modules, but do not yet exist for the ICs used within those systems, subsystems and modules. Standardised IC EMC measurement procedures are attempting to close the gap, but significant problems exist which must first be overcome.

#### D.2 Using EMC measurement procedures

Based on what is known today, a full qualification of an IC can only be obtained if, together with the RF current measurement, the individual pins are also measured applying the single pin method. In specific applications with reduced requirements, only a selection of pins may be tested with the single pin method. If this has been made, this has to be documented with an explanation for the user.

Table D.1 lists some possibilities whereby the measurement procedure can be reduced.

**Table D.1 – Examples in which the measurement procedure can be reduced**

| Component related parameters                                                                                                                                                               | Configuration of the IC                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Several pins not used and therefore not connected to the PCB (no potential current loop)</li> <li>– Existing blocks on the IC not used</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Several pins ( I/O ports) with the same EMC behaviour</li> </ul> |

Because of different technical ambient parameters (see also table D.2), there is no direct correlation possible between system and module EMC measurements as well as between module and IC EMC measurements. The final approval of a module, and therefore also for the IC, is only possible after a successful EMC measurement of the system.

Normally, additional suppression of interference is needed such as filters and metal screening. The implementation of those various EMC measures within the IC and/or outside the IC on the PCB is very much dependent on the cost aspects and feasibility (space availability, etc.).

### D.3 Evaluation de l'influence des CI sur le comportement CEM des modules

En fonction du statut de développement d'un système, différents aspects peuvent être observés en ce qui concerne la CEM:

- a) sélection de CI existants, qui sont déjà utilisés dans d'autres systèmes du même domaine d'application et dans des produits au comportement CEM connu;
- b) reconception des CI, déjà utilisés dans d'autres applications et produits;
- c) CI adaptés aux CI pour les systèmes du même domaine d'application.

Dans le cas de a), l'expérience du fabricant/des sous-traitants du système est nécessaire pour comprendre et déterminer quels paramètres CEM ambiants influenceront le CI. La sélection des niveaux d'émission maximaux sera fondée sur ces paramètres (voir tableau D.2).

**Tableau D.2 – Paramètres ambiants liés au système et au module**

| Paramètres ambiants liés aux composants                                                                                                                                                      | Paramètres ambiants spécifiques au système                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Concept de masse</li> <li>– Concept de filtre</li> <li>– Sélection</li> <li>– Disposition</li> <li>– Conditions d'exploitation, logiciel</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Type de système</li> <li>– Zone de montage du module</li> <li>– Zone de montage de l'antenne</li> <li>– Concept de masse</li> <li>– Concept de câblage</li> </ul> |

Dans le cas de b), le tableau D.3 présente un ensemble d'activités de développement qui influencent le comportement CEM du système.

Dans le cas de c), l'exigence CEM CI doit être déterminée sur la base de l'application. La spécification de produit doit définir les niveaux d'émission maximale ainsi que l'étendue des mesures à effectuer pour obtenir un développement satisfaisant.

**Tableau D.3 – Modifications au niveau du CI qui influencent la CEM**

| Modification sur silicium                                                                                                                                                                                                                                    | Modifications hors silicium                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nouvelle conception du matériel</li> <li>– Modification de disposition de la puce</li> <li>– Réduction à une géométrie inférieure</li> <li>– Modifications de logiciel (responsabilité de l'utilisateur)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modification de la grille de connexion</li> <li>– Modification du boîtier</li> <li>– Modification de <math>V_{\text{alimentation}}</math></li> </ul> |

Dans tous les cas, il convient qu'une décision préliminaire soit prise pour accepter les résultats d'essai des CI sur la base de la méthode de mesure proposée.

### D.3 Assessment of the IC influence to the EMC behaviour of the modules

Depending on the development status of a system, different aspects can be seen in relation to the EMC:

- a) selection of existing ICs, which are already used in other systems of the same application field, and in production with a known EMC behaviour;
- b) redesign of ICs, which are already used in other applications and in production;
- c) customised ICs for systems for the same field of application.

In the case of a), the experience of the system manufacturer/subcontractors is necessary in order to understand and decide which EMC ambient parameters will influence the IC. The selection of the maximum emission levels will be based on these parameters (see table D.2).

**Table D.2 – System- and module-related ambient parameters**

| Component-related ambient parameters                                                                                                                                        | System-specific ambient parameters                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ground concept</li> <li>– Filter concept</li> <li>– Screening</li> <li>– Layout</li> <li>– Working conditions, software</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– System type</li> <li>– Fitting area of the module</li> <li>– Fitting area of the antenna</li> <li>– Ground concept</li> <li>– Wiring harness concept</li> </ul> |

In the case of b), table D.3 lists a set of development activities, which influence the EMC behaviour of the system.

In the case of c), the EMC IC requirement has to be determined based on the application. The product specification needs to define the maximum emission levels and the extent of the measurements to be taken in order to achieve a successful development.

**Table D.3 – Changes at the IC which influence the EMC**

| Changes on silicon                                                                                                                                                                               | Changes off silicon                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hardware redesign</li> <li>– Change of chip layout</li> <li>– Shrink to smaller geometry</li> <li>– Software changes (user's responsibility)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Change of leadframe</li> <li>– Change of package</li> <li>– Change of <math>V_{\text{supply}}</math></li> </ul> |

In all cases a preliminary decision should be taken to accept the test results of the ICs based on the proposed measurement method.

## **Annexe E** (informative)

### **Exemple de montage d'essai comprenant une carte principale d'essai CEM et une carte d'essai EME CI**

La présente annexe décrit un montage d'essai conçu pour les mesures du temps de propagation des dispositifs logiques rapides et qui convient également aux mesures CEM. Le montage d'essai comprend une carte principale pour essai CEM pouvant être utilisée pour toutes les mesures sans modification de la disposition. Un nombre maximal de 84 connexions peut être effectué sur ce qu'il est convenu d'appeler la carte pour essai EME CI. Cette carte pour essai contient le CI en essai, les composants nécessaires au fonctionnement du CI ainsi que les composants du réseau d'adaptation de  $150\ \Omega$  à  $50\ \Omega$ . Il convient par conséquent que la carte pour essai CI fasse l'objet d'une nouvelle conception pour tout CI ou au moins pour un groupe de CI. La présente annexe décrit les deux types de cartes pour essais.

#### **E.1 Carte principale d'essai CEM**

Ce qui suit contient la description de la carte principale pour essai CEM qui doit être réalisée pour convenir à l'appareillage de mesure d'une impédance de  $50\ \Omega$ . La carte principale pour essai CEM (voir figure E.1) est utilisée pour relier la carte pour essai EME CI à l'appareillage de mesure. La carte principale pour essai est réalisée sur une carte à circuit imprimé à sept couches de dimensions  $293\text{ mm} \times 293\text{ mm}$ . Les trois couches internes sont utilisées comme couches d'alimentation V1, V2 et V3 pour la carte pour essai EME CI. Les couches suivantes des deux côtés de la carte sont des couches de masse, également utilisées comme la masse de protection RF des couches de signaux sur les parties supérieure et inférieure de la carte à circuit imprimé.

La carte pour essai EME CI est montée sur la partie supérieure de la carte principale pour essai CEM et centrée à l'aide de quatre vis (M3x6; la longueur des vis dépend de l'épaisseur de la carte pour essai EME CI). Les vis assurent la liaison de masse entre la carte principale pour essai CEM et la carte pour essai EME CI. Toutes les autres connexions électriques s'effectuent au moyen de la bague à 84 broches pogo. Les broches pogo sont soudées sur la carte principale et sont fixées mécaniquement à l'aide d'une bague PTFE. Quatre connexions parmi les 84 connexions effectives sont déjà reliées aux circuits d'alimentation V1, V2, V3 et à la masse, et sont utilisées pour alimenter la carte pour essai EME CI.

## **Annex E** (informative)

### **Example of a test set-up consisting of an EMC main test board and an EME IC test board**

This annex describes a test set-up, which has been designed for propagation delay measurements of fast logic devices; it is well suited for EMC measurements too. The set-up consists of an EMC main test board, which can be used for all measurements with no change in layout. Up to 84 connections can be made to the so-called EME IC test board. This test board carries the IC under test together with the components needed to let the IC operate and the components of the 150  $\Omega$  to 50  $\Omega$  matching network. Consequently the IC test board has to be designed from new for each IC or at least for a group of ICs. In this annex, both test boards are described.

#### **E.1 The EMC main test board**

The following describes the EMC main test board, which is built to comply with a 50  $\Omega$  impedance measurement equipment. The EMC main test board (see figure E.1) is used to connect the EME IC test board to the measurement equipment. It is built on a seven-layer printed circuit board with the dimensions 293 mm  $\times$  293 mm. The three inner layers are used as power supply layers V1, V2 and V3 for the EME IC test board. The following layers on both sides are ground layers, which are also used as the RF-shield ground to the signal layers on the top and the bottom of the PCB.

The EME IC test board is mounted on top of the EMC main test board and centred with four screws (M3x6; the length of the screws is dependent on the thickness of the EME IC test board). The screws provide the ground connection between EMC main test board and EME IC test board. All other electrical connections are made through the 84 pogo-pin ring. The pogo pins are soldered into the main board and are mechanically fixed with a PTFE ring. Four of the 84 connections are already connected with the power supply lines V1, V2, V3 and GND, and are used to provide the power supply to the EME IC test board.