

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE  
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –**

**Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements**

**Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –**

**Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE  
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –**

**Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements**

**Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –**

**Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XB**

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-88910-012-5

## CONTENTS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                   | 6  |
| 1 Scope.....                                                                    | 8  |
| 2 Normative references.....                                                     | 8  |
| 3 Definitions .....                                                             | 8  |
| 4 Types of disturbance to be measured.....                                      | 12 |
| 4.1 General .....                                                               | 12 |
| 4.2 Types of disturbance .....                                                  | 12 |
| 4.3 Detector functions .....                                                    | 12 |
| 5 Connection of measuring equipment .....                                       | 13 |
| 5.1 General .....                                                               | 13 |
| 5.2 Connection of ancillary equipment.....                                      | 13 |
| 5.3 Connections to RF reference ground.....                                     | 13 |
| 5.4 Connection between the EUT and the artificial mains network.....            | 14 |
| 6 General measurement requirements and conditions .....                         | 15 |
| 6.1 General .....                                                               | 15 |
| 6.2 Disturbance not produced by the equipment under test .....                  | 15 |
| 6.2.1 General .....                                                             | 15 |
| 6.2.2 Compliance testing .....                                                  | 15 |
| 6.3 Measurement of continuous disturbance.....                                  | 15 |
| 6.3.1 Narrowband continuous disturbance.....                                    | 15 |
| 6.3.2 Broadband continuous disturbance.....                                     | 15 |
| 6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers.....                     | 16 |
| 6.4 Operating conditions of the EUT .....                                       | 16 |
| 6.4.1 General .....                                                             | 16 |
| 6.4.2 Normal load conditions.....                                               | 16 |
| 6.4.3 Duration of operation .....                                               | 16 |
| 6.4.4 Running-in/Warm-up time .....                                             | 16 |
| 6.4.5 Supply.....                                                               | 16 |
| 6.4.6 Mode of operation.....                                                    | 16 |
| 6.5 Interpretation of measuring results.....                                    | 16 |
| 6.5.1 Continuous disturbance .....                                              | 16 |
| 6.5.2 Discontinuous disturbance .....                                           | 17 |
| 6.5.3 Measurement of the duration of disturbances .....                         | 17 |
| 6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance .....           | 17 |
| 6.6.1 General .....                                                             | 17 |
| 6.6.2 Minimum measurement times .....                                           | 17 |
| 6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers.....             | 18 |
| 6.6.4 Scan times for stepping receivers .....                                   | 19 |
| 6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector..... | 20 |
| 7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz.....       | 23 |
| 7.1 Introduction .....                                                          | 23 |
| 7.2 Measuring equipment (receivers, etc.) .....                                 | 23 |
| 7.2.1 General .....                                                             | 23 |
| 7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements .....             | 23 |
| 7.3 Ancillary measuring equipment .....                                         | 24 |
| 7.3.1 General .....                                                             | 24 |

|                       |                                                                                                                                                                    |    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.3.2                 | Artificial networks (AN).....                                                                                                                                      | 24 |
| 7.3.3                 | Voltage probes.....                                                                                                                                                | 25 |
| 7.3.4                 | Current probes.....                                                                                                                                                | 25 |
| 7.4                   | Equipment under test configuration .....                                                                                                                           | 25 |
| 7.4.1                 | Arrangement of the EUT and its connection to the AN .....                                                                                                          | 25 |
| 7.4.2                 | Procedure for the measurement of unsymmetric disturbance voltages with V-networks (AMNs).....                                                                      | 31 |
| 7.4.3                 | Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals.....                                                                                     | 38 |
| 7.4.4                 | Measurements using voltage probes .....                                                                                                                            | 39 |
| 7.4.5                 | Measurement using a capacitive voltage probe (CVP) .....                                                                                                           | 41 |
| 7.4.6                 | Measurements using current probes.....                                                                                                                             | 41 |
| 7.5                   | System test configuration for conducted emissions measurements.....                                                                                                | 42 |
| 7.5.1                 | General approach to system measurements .....                                                                                                                      | 42 |
| 7.5.2                 | System configuration.....                                                                                                                                          | 42 |
| 7.5.3                 | Measurements of interconnecting lines.....                                                                                                                         | 45 |
| 7.5.4                 | Decoupling of system components .....                                                                                                                              | 45 |
| 7.6                   | <i>In situ</i> measurements .....                                                                                                                                  | 45 |
| 7.6.1                 | General .....                                                                                                                                                      | 45 |
| 7.6.2                 | Reference ground .....                                                                                                                                             | 46 |
| 7.6.3                 | Measurement with voltage probes .....                                                                                                                              | 46 |
| 7.6.4                 | Selection of measuring points.....                                                                                                                                 | 46 |
| 8                     | Automated measurement of emissions.....                                                                                                                            | 47 |
| 8.1                   | Introduction: Precautions for automating measurements.....                                                                                                         | 47 |
| 8.2                   | Generic measurement procedure .....                                                                                                                                | 47 |
| 8.3                   | Prescan measurements .....                                                                                                                                         | 48 |
| 8.4                   | Data reduction .....                                                                                                                                               | 49 |
| 8.5                   | Emission maximization and final measurement .....                                                                                                                  | 49 |
| 8.6                   | Post processing and reporting.....                                                                                                                                 | 49 |
| Annex A (informative) | Guidelines to connection of electrical equipment to the artificial mains network (see Clause 5) .....                                                              | 50 |
| Annex B (informative) | Use of spectrum analyzers and scanning receivers (see Clause 6) .....                                                                                              | 57 |
| Annex C (informative) | Decision tree for use of detectors for conducted measurements (see 7.2.2) .....                                                                                    | 60 |
| Annex D (informative) | Scan rates and measurement times for use with the average detector .....                                                                                           | 62 |
| Annex E (informative) | Guidelines for the improvement of the test setup with ANs.....                                                                                                     | 66 |
| Bibliography          | .....                                                                                                                                                              | 72 |
| Figure 1              | – Example of a recommended test setup with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable .....                                           | 14 |
| Figure 2              | – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold.....                                   | 20 |
| Figure 3              | – Example of a timing analysis.....                                                                                                                                | 21 |
| Figure 4              | – A broadband spectrum measured with a stepped receiver .....                                                                                                      | 22 |
| Figure 5              | – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum ..... | 22 |
| Figure 6              | – Test configuration: table-top equipment for conducted disturbance measurements on power mains .....                                                              | 26 |

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 7 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance with a) vertical RGP and b) horizontal RGP .....                                                                     | 27 |
| Figure 8 – Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached .....                                                                              | 28 |
| Figure 9 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.2) .....                                                                                        | 29 |
| Figure 10 – Example Test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.2) .....                                                                 | 30 |
| Figure 11 – Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.2) .....                                                                              | 32 |
| Figure 12a – Schematic for measurement and power circuit .....                                                                                                               | 33 |
| Figure 12b – Equivalent voltage source and measurement circuit .....                                                                                                         | 33 |
| Figure 12 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for class I (grounded) EUT .....                                                           | 33 |
| Figure 13a – Schematic for power and measurement circuit .....                                                                                                               | 34 |
| Figure 13b – Equivalent RFI source and measurement circuit .....                                                                                                             | 34 |
| Figure 13 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for class II (ungrounded) EUT .....                                                        | 34 |
| Figure 14 – RC element for artificial hand .....                                                                                                                             | 36 |
| Figure 15 – Portable electric drill with artificial hand .....                                                                                                               | 36 |
| Figure 16 – Portable electric saw with artificial hand .....                                                                                                                 | 36 |
| Figure 17 – Measuring example for voltage probes .....                                                                                                                       | 40 |
| Figure 18 – Measurement arrangement for two-terminal regulating controls .....                                                                                               | 40 |
| Figure A.1 .....                                                                                                                                                             | 50 |
| Figure A.2 .....                                                                                                                                                             | 51 |
| Figure A.3 .....                                                                                                                                                             | 51 |
| Figure A.4 .....                                                                                                                                                             | 51 |
| Figure A.5 .....                                                                                                                                                             | 52 |
| Figure A.6 .....                                                                                                                                                             | 52 |
| Figure A.7 .....                                                                                                                                                             | 53 |
| Figure A.8 – AMN configurations .....                                                                                                                                        | 55 |
| Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors .....                                      | 60 |
| Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 160 ms .....  | 64 |
| Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 100 ms ..... | 64 |
| Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms .....          | 65 |
| Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms .....          | 65 |
| Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance .....                                                                                   | 66 |
| Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding .....                                                                     | 67 |
| Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet .....                            | 67 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet. (The AMN used has a flat frequency response of the VDF, which may be different for other AMNs).....                                                                     | 67 |
| Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP. The impedance measurement cable ground is connected to the measurement grounding sheet, whereas the inner conductor is connected to the EUT port pin. .... | 68 |
| Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP. ....                                                                                                                                                                                                        | 68 |
| Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding .....                                                                                                                                                                                                                             | 69 |
| Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150-Ω test arrangement .....                                                                                                                                                                                                          | 70 |
| Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers.....                                                                                                                                                                                            | 70 |
| Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors.....                                                                                                                                                                                                            | 18 |
| Table A.1 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 56 |
| Table A.2 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 56 |
| Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth.....                                                                                                                                                                                                                    | 63 |
| Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates .....                                                                                                                                                                                                      | 64 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY  
MEASURING APPARATUS AND METHODS –**

**Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity –  
Conducted disturbance measurements**

FOREWORD

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

International Standard CISPR 16-2-1 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio interference measurements and statistical methods.

This second edition of CISPR 16-2-1 cancels and replaces the first edition (2003) and its Amendment 1 (2005) and constitutes a technical revision.

This edition includes significant technical changes with respect to the previous edition. In general, this new edition aims at reducing compliance uncertainty in correspondence with findings in CISPR 16-4-1. Guidelines are given on

- resonance-free connection of the AMN to reference ground,
- avoidance of ground loops, and

- avoidance of ambiguities of the test setup of EUT and AMN with respect to the reference ground plane.

In addition, terms are clarified, a new type of ancillary equipment (CVP) is applied, and a clarification for the use of the AAN and AMN on the same EUT is provided.

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

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| FDIS             | Report on Voting |
| CISPR/A/798/FDIS | CISPR/A/809/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 2.

A list of all parts of CISPR 16 series under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*, can be found on the IEC website.

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

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

# **SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –**

## **Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements**

### **1 Scope**

This part of CISPR 16 is designated a basic standard, which specifies the methods of measurement of disturbance phenomena in general in the frequency range 9 kHz to 18 GHz and especially of conducted disturbance phenomena in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

### **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 60364-4 (all parts), *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety*

CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

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

CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*

CISPR/TR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

Amendment 1:2005

Amendment 2:2006

### **3 Definitions**

For the purposes of this part of CISPR 16, the definitions of IEC 60050-161 apply, as well as the following.

#### **3.1**

##### **ancillary equipment**

transducers (e.g., current and voltage probes and artificial networks) connected to a measuring receiver or (test) signal generator and used in the disturbance signal transfer between the EUT and the measuring or test equipment

#### **3.2**

##### **associated equipment**

##### **AE**

apparatus, which is not part of the system under test, but needed to help exercise the EUT

**3.3****auxiliary equipment****AuxEq**

peripheral equipment which is part of the system under test

**3.4****EUT**

equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission) compliance tests

**3.5****product publication**

publication specifying EMC requirements for a product or product family, taking into account specific aspects of such a product or product family

**3.6****emission limit (from a disturbing source)**

specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

[IEV 161-03-12]

**3.7****ground reference**

connection that constitutes a defined parasitic capacitance to the surrounding of an EUT and serves as reference potential

NOTE See also IEC 161-04-36 (modified).

**3.8****(electromagnetic) emission**

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[IEV 161-01-08]

**3.9****coaxial cable**

cable containing one or more coaxial lines, typically used for a matched connection of associated equipment to the measuring equipment or (test-)signal generator providing a specified characteristic impedance and a specified maximum allowable cable transfer impedance

**3.10****common mode (asymmetrical) voltage**

RF voltage between the artificial midpoint of a two-conductor line and reference ground, or in case of a bundle of lines, the effective RF disturbance voltage of the whole bundle (vector sum of the unsymmetrical voltages) against the reference ground measured with a clamp (current transformer) at a defined terminating impedance

NOTE See also IEC 161-04-09.

**3.11****common mode current**

vector sum of the currents flowing through two or more conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

**3.12****differential mode (symmetrical) voltage**

RF disturbance voltage between the wires of a two conductor line

[IEV 161-04-08, modified]

### 3.13

#### **differential mode current**

half the vector difference of the currents flowing in any two of a specified set of active conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

### 3.14

#### **unsymmetrical mode (V-terminal) voltage**

voltage between a conductor or terminal of a device, equipment or system and a specified ground reference. For the case of a two-port network, the two unsymmetrical voltages are given by:

- a) the vector sum of the asymmetrical voltage and half of the symmetrical voltage; and
- b) the vector difference between the asymmetrical voltage and half of the symmetrical voltage.

NOTE See also IEC 161-04-13.

### 3.15

#### **measuring receiver**

receiver for the measurement of disturbances with different detectors

NOTE The receiver is specified according to CISPR 16-1-1.

### 3.16

#### **test configuration**

combination that gives the specified measurement arrangement of the EUT in which an emission level is measured

NOTE The emission and immunity levels are measured as required by IEC 161-03-11, IEC 161-03-12, IEC 161-03-14 and IEC 161-03-15, definitions of emission level.

### 3.17

#### **artificial network**

##### **AN**

agreed reference load (simulation) impedance presented to the EUT by actual networks (e.g., extended power or communication lines) across which the RF disturbance voltage is measured

### 3.18

#### **artificial mains network**

##### **AMN**

network inserted in the supply mains lead of apparatus to be tested which provides, in a given frequency range, a specified load impedance for the measurement of disturbance voltages and which may isolate the apparatus from the supply mains in that frequency range

[IEC 161-04-05]

NOTE There are two basic types of AMN, the V-network (V-AMN) which couples the unsymmetrical voltages, and the delta-network which couples the symmetric and the asymmetric voltages separately. The terms line impedance stabilization network (LISN) and V-AMN are used interchangeably. In this standard, the acronym "AMN" is used for "V-AMN", as delta-AMNs are not used in product publications on emission measurements.

### 3.19

#### **weighting (quasi-peak detection)**

repetition-rate dependent conversion of the peak-detected pulse voltages to an indication corresponding to the psychophysical annoyance of pulsive disturbances (acoustically or visually) according to the weighting characteristics, or alternatively, specified manner in which an emission level or an immunity level is evaluated

NOTE 1 The weighting characteristics are specified in CISPR 16-1-1.

NOTE 2 The emission level or immunity level is evaluated as required by IEC 60050-161 definitions of level (see IEC 161-03-01, IEC 161-03-11 and IEC 161-03-14).

**3.20****continuous disturbance**

RF disturbance with a duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode which does not decrease immediately

[IEV 161-02-11, modified]

NOTE The measuring receiver is specified in CISPR 16-1-1.

**3.21****discontinuous disturbance**

for counted clicks, disturbance with a duration of less than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a transient deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode

NOTE 1 For impulsive disturbance, see IEV 161-02-08.

NOTE 2 The measuring receiver is specified in CISPR 16-1-1.

**3.22****measurement time**

$T_m$

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency (in some areas also called dwell time)

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope
- for the average detector, the effective time to average the signal envelope
- for the r.m.s. detector, the effective time to determine the r.m.s. of the signal envelope

**3.23****sweep**

continuous frequency variation over a given frequency span

**3.24****scan**

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

**3.25****sweep or scan time**

$T_s$

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

**3.26****span**

$\Delta f$

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

**3.27****sweep or scan rate**

frequency span divided by the sweep or scan time

**3.28**

**number of sweeps per time unit** (e.g. per second)

$n_s$

$1/(\text{sweep time} + \text{retrace time})$

### 3.29

#### observation time

$T_o$

sum of measurement times  $T_m$  on a certain frequency in case of multiple sweeps. If  $n$  is the number of sweeps or scans, then  $T_o = n \times T_m$

### 3.30

#### total observation time

$T_{tot}$

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps). If  $c$  is the number of channels within a scan or sweep, then  $T_{tot} = c \times n \times T_m$

## 4 Types of disturbance to be measured

### 4.1 General

This clause describes the classification of different types of disturbance and the detectors appropriate for their measurement.

### 4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical reasons, dependent on the spectral distribution, measuring receiver bandwidth, the duration, rate of occurrence, and degree of annoyance during the assessment and measurement of radio disturbance, distinction is made between the following types of disturbance:

- a) *narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth in contrast to b);
- b) *broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which have a repetition frequency which is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and
- c) *broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

The frequency spectra of b) and c) are characterized by having a continuous spectrum in the case of individual (single) impulses and a discontinuous spectrum in case of repeated impulses, both spectra being characterized by having a frequency range which is wider than the bandwidth of the measuring receiver specified in CISPR 16-1-1.

### 4.3 Detector functions

Depending on the types of disturbance, measurements may be carried out using a measuring receiver with:

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also usable for narrowband disturbance;
- c) a peak detector which may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

Measuring receivers incorporating these detectors are specified in CISPR 16-1-1.

## 5 Connection of measuring equipment

### 5.1 General

This clause describes the connection of measuring equipment, measuring receivers and ancillary equipment such as artificial networks (AN) and voltage and current probes.

### 5.2 Connection of ancillary equipment

The connecting cable between the measuring receiver and the ancillary equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver. The measurement result shall account for the attenuation of the connecting cable.

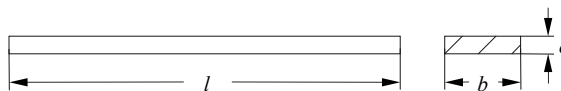
The output of the ancillary equipment shall be terminated with the prescribed impedance. A minimum attenuation of 10 dB between AN output and measuring receiver input is required in order to fulfill the specified tolerance of the AN impedance at its EUT port. This attenuation may be incorporated in the AN. The use of a transient limiter is recommended for the protection of the receiver input circuits. It shall be designed to provide signals of maximum receiver input level without creating nonlinear effects.

### 5.3 Connections to RF reference ground

The artificial network (AN) shall be connected to the reference ground by a low RF impedance, e.g. by direct bonding of the case of the AN to the reference ground or reference wall of a shielded room, or with a low impedance conductor as short and as wide as practical (the maximum length to width ratio of which is 3:1 and the inductance of which is less than approximately 50 nH corresponding to an impedance of less than approximately 10  $\Omega$  at 30 MHz). An in-situ test of the voltage division factor as explained in Annex E is recommended. This will help to find, e.g., a ground strap resonance in the AN grounding.

NOTE A conductor with rectangular cross section (see drawing below) with: length  $l = 30$  cm, width  $b = 3$  cm, thickness  $c = 0,02$  cm will cause an inductance  $L$  of approximately 210 nH ( $XL = 40 \Omega$  at 30 MHz), which is excessive. The value of  $L$  was calculated using the following equation:

$$L = 2 \times l \times \left( \ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



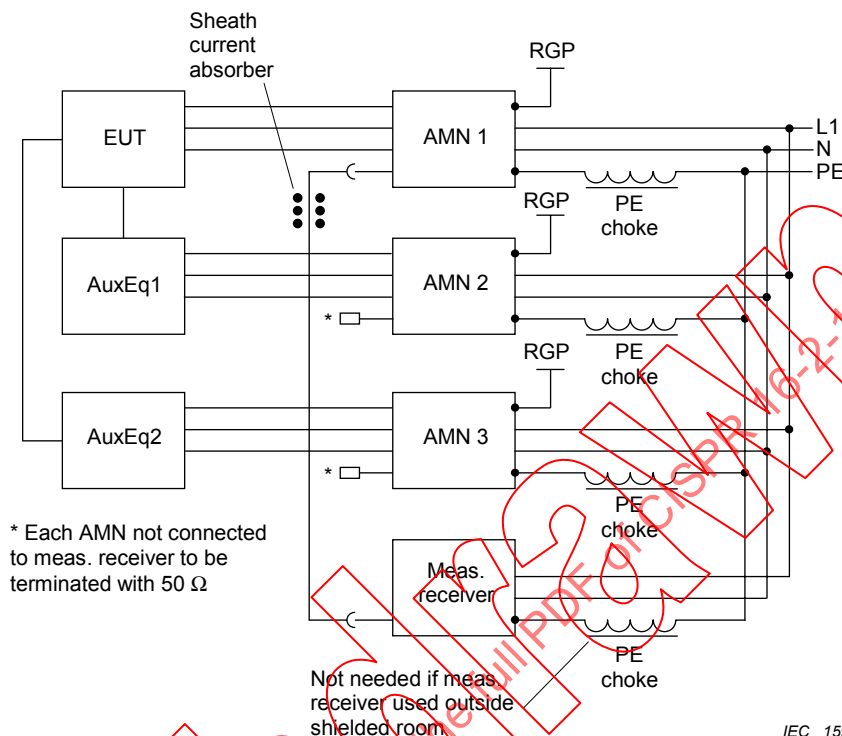
where

$L$  is the inductance of the conductor in nH  
 $l, b, c$  are the dimensions of the conductor in cm

If such a length cannot be avoided, the width must be as large as possible.

Terminal voltage measurements shall be referenced only to the reference ground. Ground loops (common impedance coupling) shall be avoided. Ground loops will negatively affect repeatability of measurement and can, e.g., be detected if grounded components of a test setup are touch-sensitive. This should also be observed for measuring apparatus (e.g., measuring receivers and connected ancillary equipment, such as oscilloscopes, analyzers, recorders, etc.) fitted with a protective earth conductor (PE) of protection class I equipment. The measuring instrumentation shall be provided with RF isolation so that the AN has only one RF connection to ground. This can be accomplished by RF chokes and isolation transformers, or by powering the measuring apparatus from batteries. Figure 1 shows an example of a recommended test setup with three AMNs and PE chokes for the avoidance of ground loops.

In this figure, also the receiver RF connecting cable to the AMN can act as a ground connection if the receiver is grounded. Therefore, either a PE choke is needed at the receiver power input, or, if the receiver is outside a shielded room, a sheath current suppressor is needed on the connecting cable. Each AMN is thus RF-grounded only once.



**Figure 1 – Example of a recommended test setup with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable**

For safety reasons, PE chokes shall exhibit a low impedance for the power supply voltage at the power frequency and voltage in case of any defect. The short circuit voltage across the PE choke shall be below 4 V. PE chokes may be incorporated inside the AMN.

The RF impedance of PE chokes and sheath current absorbers in the measurement frequency range should be high compared with the impedance of the AMN connection to the reference ground plane (RGP). Commercially available PE chokes have, e.g., an inductance of 1,6 mH at nominal currents up to 36 A but they are not standardized in CISPR 16-1-2. The attenuation can be tested in accordance with Annex E. Some AMNs are available with built-in PE chokes. The difference in potential between PE and RGP must be minimized to avoid saturation of PE chokes from the resulting DC or low frequency current flowing through the chokes. If the current is unknown, it may have to be measured.

NOTE Sheath currents are RF currents flowing on the shield of shielded (e.g., coaxial) cables, and are a source of measurement uncertainty. Sheath current absorbers serve the purpose of reducing these currents.

For the treatment of PE connection of the EUT to the reference ground, see A.4.

Stationary test configurations of the AMN do not require a connection with the protective earth conductor if the reference ground is connected directly and meets the safety requirements for protective earth conductors (PE connections).

#### 5.4 Connection between the EUT and the artificial mains network

General guidelines for the selection of grounded and non-grounded connections of the EUT to the AMN are discussed in Annex A.

## 6 General measurement requirements and conditions

### 6.1 General

Radio disturbance measurements shall, within the uncertainties allowed by CISPR 16-4-2, be:

- reproducible, i.e. independent of the measurement location and environmental conditions, especially ambient noise;
- free from interactions, i.e. the connection of the EUT to the measuring equipment shall neither influence the function of the EUT nor the accuracy of the measurement equipment.

These requirements may be met by observing the following conditions:

- a) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- b) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT;
- c) in the case of voltage probe measurements on the supply mains, the probe shall have an impedance of 1,5 k $\Omega$  as specified in CISPR 16-1-2; for measurements on other circuits, the impedance may need to be increased (as provided by active voltage probes) to avoid excessive loading of high impedance circuits;
- d) in the case of current probe measurements, the probe shall have an impedance in the measuring circuit of 1  $\Omega$  maximum, as specified in CISPR 16-1-2;
- e) when using a spectrum analyzer or scanning receiver due considerations shall be given to its particular operating and calibration requirements.

### 6.2 Disturbance not produced by the equipment under test

#### 6.2.1 General

The measurement signal-to-noise ratio with respect to ambient noise shall meet the following requirements. Should the spurious noise level exceed the required level, it shall be recorded in the test report.

#### 6.2.2 Compliance testing

A test site shall permit emissions from the EUT to be distinguished from ambient noise. The ambient noise level should be at least 20 dB below the specified limit. For in-situ tests the ambient noise level should be at least 6 dB below the specified limit. In in-situ cases, the emission plus ambient must not exceed the limit. If the emission plus ambient exceeds the limit, then other methods need to be applied, for example, reduce the bandwidth, apply ambient cancellation, change frequency etc (Annex A of CISPR 16-2-3:2006 provides recommendations for measurement of disturbances in the presence of ambient emissions). The suitability of the site for the permitted ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the EUT in place but not operating.

### 6.3 Measurement of continuous disturbance

#### 6.3.1 Narrowband continuous disturbance

The measuring receiver shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation and retuned if the frequency fluctuates.

#### 6.3.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance the level of which is fluctuating, the maximum reproducible measurement value shall be found. See 6.5.1 for further details.

### 6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

Spectrum analyzers and scanning receivers are useful for disturbance measurements, particularly in order to reduce measuring time. However, special consideration must be given to certain characteristics of these instruments, which include: overload, linearity, selectivity, normal response to pulses, frequency scan rate, signal interception, sensitivity, amplitude accuracy and peak, average and quasi-peak detection. These characteristics are considered in Annex B.

## 6.4 Operating conditions of the EUT

### 6.4.1 General

The EUT shall be operated under the following conditions:

#### 6.4.2 Normal load conditions

The normal load conditions shall be as defined in the product specification relevant to the EUT, and for EUTs not so covered, as indicated in the manufacturer's instructions.

#### 6.4.3 Duration of operation

The duration of operation (during which the emission can be measured) shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking; in all other cases, the time is not restricted.

#### 6.4.4 Running-in/Warm-up time

No specific running-in/warm-up time, prior to testing, is given, but the EUT shall be operated for a sufficient period to ensure that the modes and conditions of operation (e.g., operating temperature is reached, software loading is completed and EUT is ready to perform its intended operation) are typical of those during the life of the equipment. The term "running-in time" relates to EUTs that include electrical motors. For some EUTs, special test conditions may be prescribed in the relevant product publications.

#### 6.4.5 Supply

The EUT shall be operated from a supply having the rated voltage of the EUT. EUTs with more than one rated voltage shall be tested at the rated voltage which causes maximum disturbance. Product standards may call out additional measurements, if, for example, the levels of disturbances vary considerably with the supply voltage.

#### 6.4.6 Mode of operation

The EUT shall be operated under conditions of use intended by the manufacturer which cause the maximum disturbance at the measurement frequency.

## 6.5 Interpretation of measuring results

### 6.5.1 Continuous disturbance

- a) At each frequency for which the level of disturbance is close to the limit and not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement; the highest readings shall be recorded. Some product standards allow the exclusion of isolated clicks, which shall be ignored (e.g., CISPR 14-1).
- b) If the general level of the disturbance is not steady, but shows a continuous rise or fall of more than 2 dB in the 15 s period, then the disturbance voltage levels shall be observed for a further period and the levels shall be interpreted according to the conditions of normal use of the EUT, as follows:

- 1) if the EUT is one which may be switched on and off frequently, or the direction of rotation of which can be reversed, then at each frequency of measurement the EUT should be switched on or reversed just before each measurement, and switched off just after each measurement. The maximum level obtained during the first minute at each frequency of measurement shall be recorded;
  - 2) if the EUT is one which in normal use runs for longer periods, then it should remain switched on for the period of the complete test, and at each frequency the level of disturbance shall be recorded only after a steady reading (subject to the provision that item a) has been obtained).
- c) If the pattern of the disturbance from the EUT changes from a steady to a random character part way through a test, then that EUT shall be tested in accordance with item b).
- d) Measurements are taken throughout the complete spectrum and are recorded at least at the frequency with maximum reading and as required by the relevant CISPR publication.

### **6.5.2 Discontinuous disturbance**

Measurement of discontinuous disturbance may be performed at a restricted number of frequencies. For further details, see CISPR 14-1.

### **6.5.3 Measurement of the duration of disturbances**

For a correct measurement of disturbances and to decide whether the disturbances are discontinuous, the duration of disturbances need to be known, therefore, it may have to be measured. The EUT is connected to the relevant AN. If a measuring receiver is available, it is connected to the network and an oscilloscope is connected to the IF output of the measuring receiver. It is also possible to use the zero-span function or the timing-analysis function of a measuring receiver (see Figure 3). If a receiver is not available, the oscilloscope is connected directly to the network. The time base of the oscilloscope can be triggered by the disturbances to be tested; the time base is set to a value of 1 ms/div to 10 ms/div for EUTs with instantaneous switching and 10 ms/div to 200 ms/div for other EUTs. The duration of the disturbance can either be recorded directly by a digital oscilloscope and/or hard copy recording of the screen.

## **6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance**

### **6.6.1 General**

For manual and automated or semi-automated measurements, measurement times and scan rates of measuring and scanning receivers shall be set such that the maximum emissions are measured. Especially, where a peak detector is used for prescans, the measurement times and scan rates have to take the timing of the emission under test into account. More detailed guidance on the execution of automated measurements can be found in Clause 8.

### **6.6.2 Minimum measurement times**

Subclause B.7 of this standard provides a table of minimum sweep times that are needed to perform measurements over the indicated frequency range. From this table the following minimum scan times were derived to perform measurements in the complete CISPR band:

**Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors**

| Frequency band |                    | Scan time $T_s$ for peak detection | Scan time $T_s$ for quasi-peak detection |
|----------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| A              | 9 kHz – 150 kHz    | 14,1 s                             | 2 820 s = 47 min                         |
| B              | 0,15 MHz – 30 MHz  | 2,985 s                            | 5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min          |
| C/D            | 30 MHz – 1 000 MHz | 0,97 s                             | 19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min        |

The scan times in Table 1 apply for CW signals. Depending on the type of disturbance, the scan time may have to be increased – especially for swept quasi-peak measurements. In extreme cases, the measurement time  $T_m$  at a certain frequency may have to be increased to 15 s, if the level of the observed emission is not steady (see 6.5.1 above).

Scan rates and measurement times for use with the average detector will be found in Annex D.

Most product standards call out quasi-peak detection for compliance measurements which is very time consuming, if no time-saving procedures are applied (see 8). Before time-saving procedures can be applied, the emission has to be detected in a prescan. In order to ensure that e.g. intermittent signals are not overlooked during an automatic scan, the considerations in 6.6.3 to 6.6.5 need to be taken into account.

### 6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers

One of two conditions need to be met to ensure that signals are not missed during automatic scans over frequency spans:

- for a single sweep: the measurement time at each frequency must be larger than the intervals between pulses for intermittent signals)
- for multiple sweeps with maximum hold: the observation time at each frequency should be sufficient for intercepting intermittent signals.

The frequency scan rate is limited by the instrument's resolution bandwidth, and video bandwidth settings. If the scan rate is chosen too fast for the given instrument state, erroneous measurement results will be obtained. Therefore, a sufficiently long sweep time as defined below needs to be chosen for the selected frequency span. Intermittent signals may be intercepted by either a single sweep with sufficient observation time at each frequency or by multiple sweeps with maximum hold. Usually for an overview of unknown emissions, the latter will be highly efficient: as long as the spectrum display changes, there may still be intermittent signals to discover. The observation time has to be selected according to the periodicity at which interfering signals occur. In some cases, the sweep time may have to be varied in order to avoid synchronization effects.

When determining the minimum sweep time for measurements with a spectrum analyzer or scanning EMI receiver, based on a given instrument setting and using peak detection, two different cases have to be distinguished. If the video bandwidth is selected to be **wider** than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}})^2 \quad (1)$$

where

- $T_{s \min}$  is the minimum sweep time
- $\Delta f$  is the frequency span
- $B_{\text{res}}$  is the resolution bandwidth
- $k$  is the constant of proportionality, related to the shape of the resolution filter; this constant assumes a value between 2 and 3 for synchronously-tuned, near-Gaussian filters. For nearly rectangular, stagger-tuned filters,  $k$  has a value between 10 and 15.

NOTE Actual values of  $k$  are available from manufacturers. The actual values are normally taken into consideration in the coupled mode of the receiver or spectrum analyzer firmware.

If the video bandwidth is selected to be equal to or smaller than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) \quad (2)$$

where  $B_{\text{video}}$  is the video bandwidth

Most spectrum analyzers and scanning EMI receivers automatically couple the sweep time to the selected frequency span and the bandwidth settings. Sweep time is adjusted to maintain a calibrated display. The automatic sweep time selection can be overwritten if longer observation times are required, e.g. to intercept slowly varying signals.

In addition, for repetitive sweeps, the number of sweeps per second will be determined by the sweep time  $T_{s \min}$  and the retrace time (time needed to retune the local oscillator and to store the measurement results, etc.).

#### 6.6.4 Scan times for stepping receivers

Stepping EMI receivers are consecutively tuned to single frequencies using predefined step sizes. While covering the frequency range of interest in discrete frequency steps, a minimum dwell time at each frequency is required for the instrument to accurately measure the input signal.

For the actual measurement, a frequency step size of roughly 50 % or less of the resolution bandwidth used (depending on the resolution filter shape) is required to reduce measurement uncertainty for narrowband signals due to the stepwidth. Under these assumptions the scan time  $T_{s \min}$  for a stepping receiver can be calculated using the following equation:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \Delta f / (B_{\text{res}} \times 0,5) \quad (3)$$

where  $T_{m \min}$  is the minimum measurement (dwell) time at each frequency

In addition to the measurement time, some time has to be taken into consideration for the synthesizer to switch to the next frequency and for the firmware to store the measurement result, which in most measuring receivers is automatically done so that the selected measurement time is the effective time for the measurement result. Furthermore, the selected detector, e.g. peak or quasi-peak, determines this time period as well.

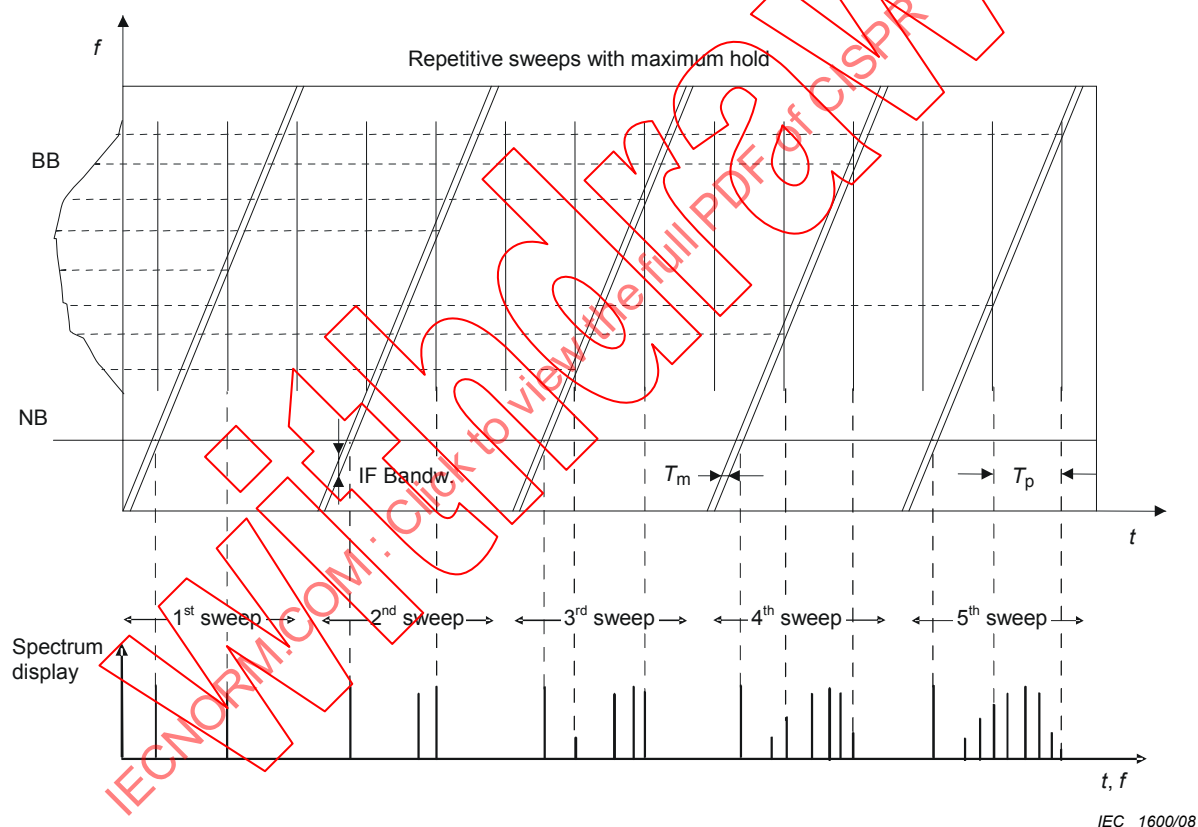
For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case the objective is to find the maxima of the emission spectrum only.

### 6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector

For each prescan measurement, the probability of intercepting all critical spectral components of the EUT spectrum shall be as close to 100 % as possible. Depending on the type of measuring receiver and the characteristics of the disturbance, which may contain narrowband and broadband elements, two general approaches are proposed:

- stepped scan: the measurement (dwell) time shall be long enough at each frequency to measure the signal peak, e.g. for an impulsive signal the measurement (dwell) time should be longer than the reciprocal of the repetition frequency of the signal.
- swept scan: the measurement time must be larger than the intervals between intermittent signals (single sweep) and the number of frequency scans during the observation time should be maximized to increase the probability of signal interception.

Figures 2, 3, 4 and 5 show examples of the relationship between various time-varying emission spectra and the corresponding display on a measuring receiver. In cases of Figures 2, 4, and 5, the upper part of the figure shows the position of the receiver bandwidth as it either sweeps or steps through the spectrum.

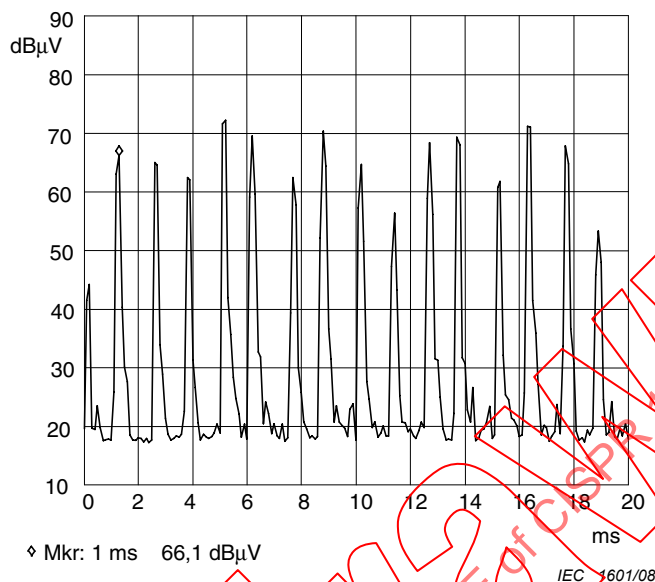


$T_p$  is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum-vs.-time display (upper part of the figure).

**Figure 2 – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold**

If the type of emission is unknown, multiple sweeps with the shortest possible sweep time and peak detection allow the spectrum envelope to be determined. A short single sweep is sufficient to measure the continuous narrowband signal content of the EUT spectrum. For continuous broadband and intermittent narrowband signals, multiple sweeps at various scan rates using a “maximum hold” function may be necessary to determine the spectrum envelope. For low repetition impulsive signals, many sweeps will be necessary to fill up the spectrum envelope of the broadband component.

The reduction of measurement time requires a timing analysis of the signals to be measured. This can be done either with a measuring receiver which provides a graphical signal display, used in zero-span mode or using an oscilloscope connected to the receiver's IF or video output as e.g. shown in Figure 3.



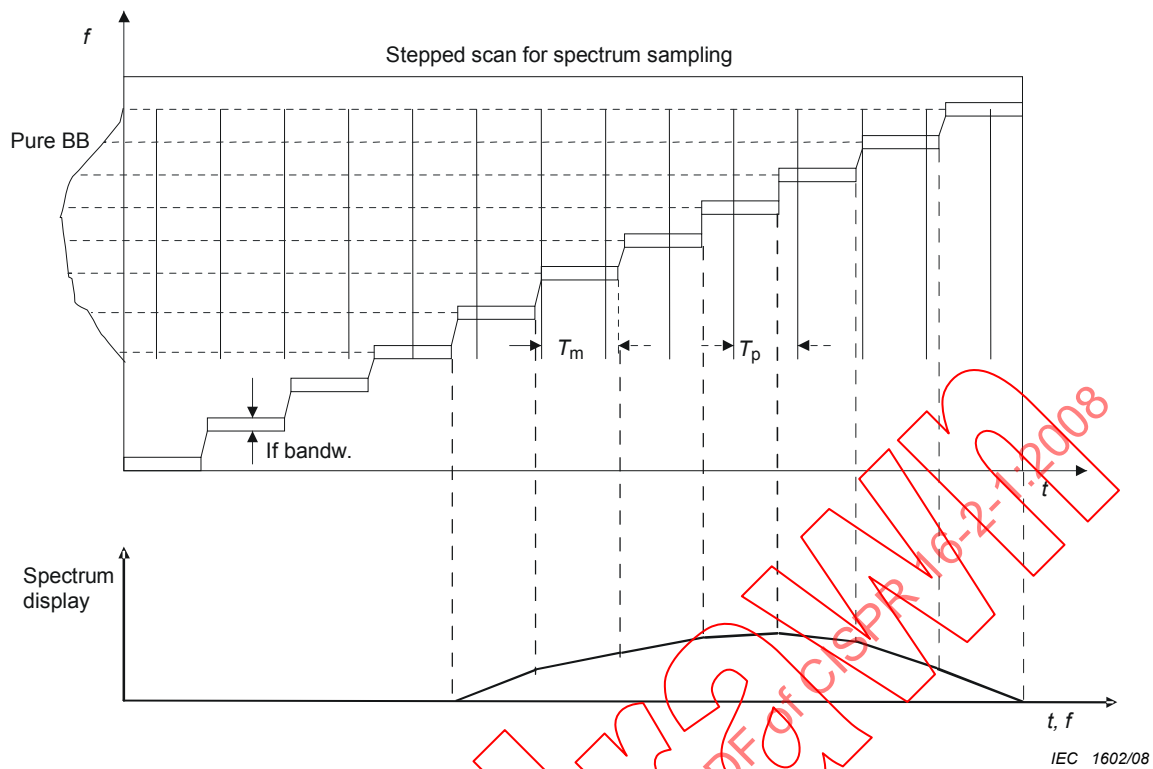
Disturbance from a DC collector motor. Due to the number of collector segments the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies strongly. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is  $\geq 10$  ms.

**Figure 3 – Example of a timing analysis**

This way pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected accordingly:

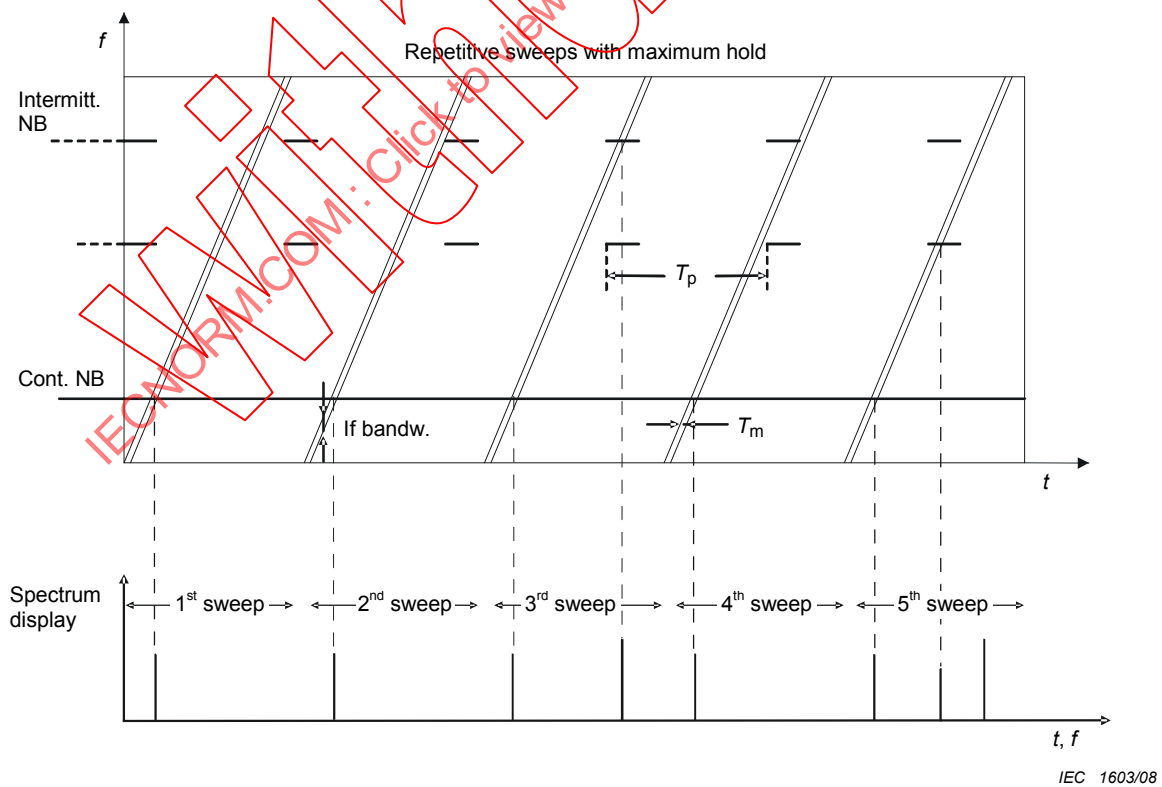
- for **continuous unmodulated narrowband** disturbances, the fastest scan time possible for the selected instrument settings may be used;
- for **pure continuous broadband** disturbances, e.g. from ignition motors, arc welding equipment, and collector motors, a stepped scan (with peak or even quasi-peak detection) for sampling of the emission spectrum may be used. In this case, the knowledge of the type of disturbance is used to draw a polyline curve as the spectrum envelope (see Figure 4). The step size has to be chosen so that no significant variations in the spectrum envelope are missed. A single swept measurement – if performed slowly enough – will also yield the spectrum envelope;
- for **intermittent narrowband** disturbances with unknown frequencies either fast short sweeps involving a “maximum hold” function (see Figure 5) or a slow single sweep may be used. A timing analysis may be required prior to the actual measurement to ensure proper signal interception.

**Intermittent broadband** disturbances shall be measured with a disturbance analyzer that complies with CISPR 16-1-1. For explanation of related measurement procedures see CISPR 14-1.



The measurement (dwell) time  $T_m$  should be longer than the pulse repetition interval  $T_p$ , which is the inverse of the pulse repetition frequency.

**Figure 4 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver**



**Figure 5 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum**

NOTE In the example above, 5 sweeps are required until all spectral components are intercepted. The number of sweeps required or the sweep time may have to be increased, depending on pulse duration and pulse repetition interval.

## 7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz

### 7.1 Introduction

When testing for compliance with emission limits for electromagnetic disturbances conducted along leads, the following items shall be considered as minimum, both in the standardized situation (type tests) and at the place of installation (*in situ* tests):

- a) *the types of disturbance*: there are two methods of measuring conducted disturbances, either as a voltage (prevailing method for CISPR measurements) or as a current. Both methods can be used to measure the three types of conducted disturbance, i.e.:
- common mode (also called asymmetrical mode, i.e. the vector sum of voltages/currents in bundle or group of wires);
  - differential mode (also called symmetrical mode);
  - unsymmetrical mode (voltage between terminal and reference ground).

NOTE The unsymmetrical mode voltage is primarily measured at the power port. The common mode voltage (or current) is measured primarily at telecommunication, signal and control ports.

- b) *the measuring equipment*: the type of measuring equipment is chosen in relation to the disturbance properties to be determined (see 7.2);
- c) *the ancillary equipment*: the type of ancillary equipment, i.e., artificial networks, current probes or voltage probes, is chosen in accordance with the type of disturbance to be measured in accordance with 7.1 a). Each type of ancillary equipment presents RF loading to the measured signals and ports (see 7.3);
- d) *RF load conditions of the disturbance source*: the test set-up will present certain RF load impedances to the disturbance source(s) in the EUT. These impedances are standardized in type tests or might depend on the conditions at the place of installation in the case of *in situ* tests (see 7.3 and 7.4);
- e) *the test configuration of EUT*: a standardized test configuration shall specify the reference ground, the position of the EUT and ancillary measuring equipment with respect to that reference ground, connections to that reference ground and interconnections of the EUT with the associated equipment in an unambiguous way (see 7.4 and 7.5).

### 7.2 Measuring equipment (receivers, etc.)

#### 7.2.1 General

In general, a distinction is drawn between continuous and discontinuous disturbances. Continuous radio-frequency disturbances are predominantly measured in terms of frequency domain parameters. Discontinuous disturbances are also measured in terms of frequency domain parameters but may need additional time domain measurements.

The measuring receivers and other measuring equipment specified in CISPR 16-1-1 shall be used. For time domain measurements oscilloscopes etc. may be used.

#### 7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements

CISPR 16-1-1 specifies the characteristics of detectors that are required to perform measurements per product specifications. Several of these product specifications require the use of both quasi-peak and average detectors for conducted disturbance measurements. The time constants of these two detectors are very long and make automated measurements time-consuming.

A peak detector with shorter time constants may be used to make initial measurements and to determine compliance with a limit. But if the measured disturbance levels are above a limit they shall be followed by measurements with the quasi-peak and average detectors.

Annex C provides guidance on how these measurements may be performed efficiently.

### 7.3 Ancillary measuring equipment

#### 7.3.1 General

Ancillary measuring equipment for conducted disturbance measurement is divided into two categories:

- a) voltage measuring sensors, such as artificial networks (AN) and voltage probes;

NOTE The artificial network is sometimes referred to as impedance stabilization network (ISN). This term is applicable to ANs for emission measurements on telecommunication ports (i.e. AANs or Y-networks) in CISPR 22.

- b) current measuring sensors, such as current probes.

#### 7.3.2 Artificial networks (AN)

##### 7.3.2.1 General

The common mode, differential and unsymmetrical mode impedances of actual networks, such as of power mains and telecommunication networks, are location dependent and, in general, time varying. Therefore, type testing of disturbance requires standardized impedance simulation networks, referred to as artificial networks (AN). The AN provides standardized RF load impedances to the EUT. For this purpose, the AN is inserted in series with the terminals of the EUT and the actual network or signal simulator. In this way, the AN simulates extended networks (long lines) with defined impedances.

##### 7.3.2.2 Types of artificial networks

The ANs specified in CISPR 16-1-2 shall be used, unless specific reasons call for another construction. In general three types of AN can be distinguished:

- a) *the V-type AN (typically used as V-AMN, or LISN):* in a defined frequency range, the RF impedances between each of the EUT terminals to be measured and the reference ground have a defined value, whereas no impedance component is connected directly between these terminals. The construction defines (indirectly) the measurement of the vector sum of both the differential and common mode voltage. In principle, there is no limit for the number of EUT terminals, i.e. for the number of lines to be measured by V-type ANs;
- b) *the delta-type AN (actually not used in product publications but could be used as delta-AMN for power lines or as delta-network for signal lines):* in a defined frequency range, the RF impedance between a pair of EUT terminals to be measured and between these terminals and the reference ground have defined value. This construction defines directly both the differential and the common mode RF load impedances. Addition of a balance/unbalance transformer makes it possible to measure the symmetric and asymmetric disturbance voltage;
- c) *the Y-type AN (also called the asymmetric artificial network, AAN, or ISN):* in a defined frequency range, the common mode RF impedance between a pair of EUT terminals to be measured and a reference ground has a defined value. In general, no defined differential load impedance is included in a Y-type AN as such. The defined differential impedance must then be provided by the external circuit connected to the supply (line) terminals of the Y-type AN. This type of AN is used to measure common mode disturbance voltages only.

### 7.3.3 Voltage probes

For standardized voltage probes, see CISPR 16-1-2.

Disturbance voltages on terminals which are not to be measured with an AN can be measured with a voltage probe. Examples of such terminals are connecting jacks for antennas, control lines, signal lines and load lines. In general the voltage probe is used to measure the unsymmetrical disturbance voltage. The probe presents a high RF impedance between the terminal to be measured and the reference ground.

The capacitive voltage probe (CVP) is used to measure the asymmetrical (common mode) voltage of a number of conductors without making direct conductive contact. It is constructed so that it can be clamped around the conductors to be measured. Clamping the CVP around an individual conductor will allow the measurement of the unsymmetrical disturbance voltage.

### 7.3.4 Current probes

Current probes or current transformers allow the measurement of all three types of disturbance current (see 7.1 and CISPR 16-1-2) on mains leads, signal lines, load lines etc. A clip-on construction of the probe will facilitate its use.

The common mode current on leads is measured when the current probe is clipped around those leads, regardless of the number of wires. In this situation, the differential mode currents on the leads will induce signals with equal magnitude but opposite sign, so that these signals cancel to a high degree. The latter effect allows the measurement of a common mode current with a small amplitude in the presence of differential mode (operating) currents with large amplitude.

For already defined (and standardized) current probes, see CISPR 16-1-2.

## 7.4 Equipment under test configuration

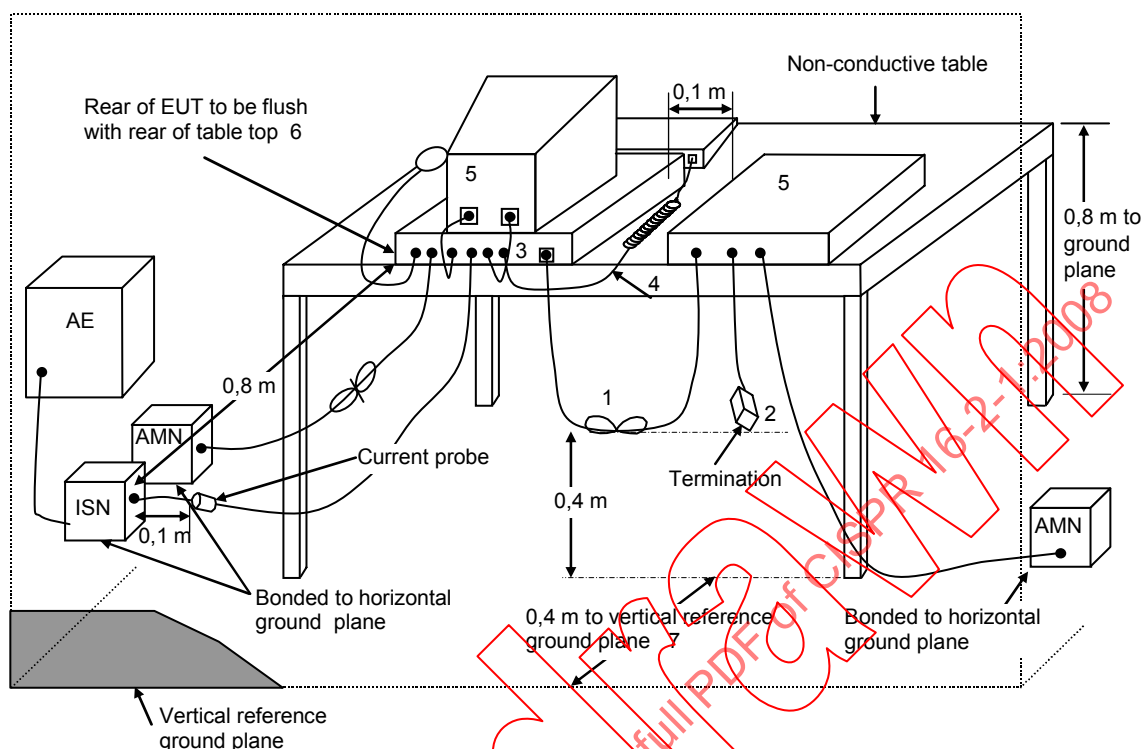
### 7.4.1 Arrangement of the EUT and its connection to the AN

For measurement of the disturbance voltage, the EUT is connected to the power supply mains and any other extended network via one or more AN(s) (in general, the V-type network is used as an AMN for the power port, see Figure 6), in accordance with the following requirements. CISPR product publications supply additional test details relevant to particular EUTs.

An EUT, whether intended to be grounded or not, and which is to be used on a table is configured as follows:

- either the bottom or the rear of the EUT shall be at a controlled distance of 40 cm from a reference groundplane. This groundplane is normally the wall or floor of a shielded room. It may also be a grounded metal plane of at least 2 m by 2 m. This is physically accomplished as follows:
  - place the EUT on a table of non-conducting material which is at least 80 cm high; place the EUT so that it is 40 cm from the wall of the shielded room, or
  - place the EUT on a table of non-conducting material which is 40 cm high so that the bottom of the EUT is 40 cm above the groundplane;
- all other conductive surfaces of the EUT shall be more than 40 cm away from the reference groundplane;
- the ANs are placed on the floor as shown in Figure 6 in such a way that one side of the AN housing is 40 cm from the vertical reference ground plane and other metallic parts. V-networks (AMNs) and Y-networks (ISNs) are shown in Figure 6 and Figure 7.
- the EUT cable connections shall be as shown in Figure 6;
- the optional test configuration for table-top EUT with only a power cord attached is shown in Figure 8.

NOTE The configuration in Figure 8 may cause an ambiguity due to the fact that with some EUTs, the metallic interference source is not in the center of the nonmetallic housing (see CISPR 16-4-1).

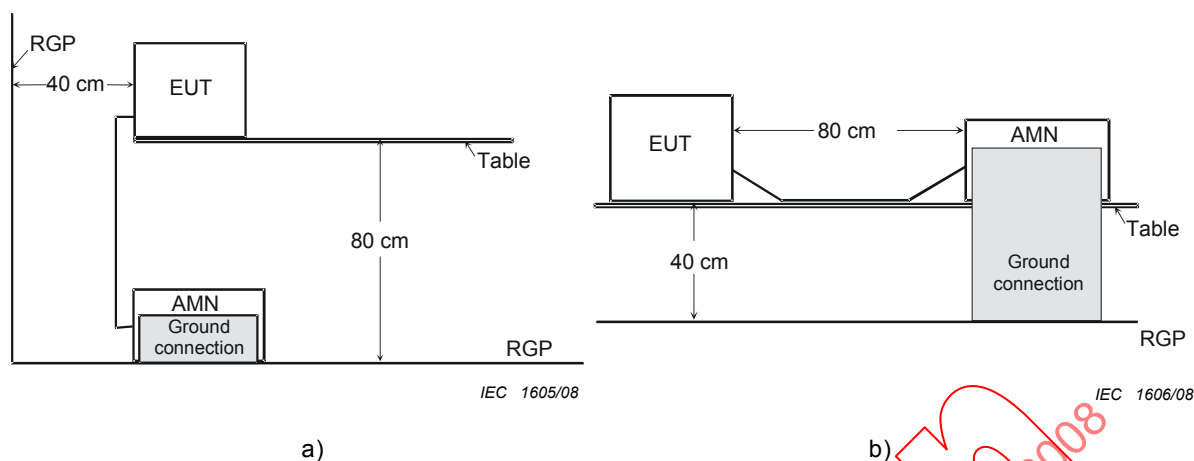


IEC 1604/08

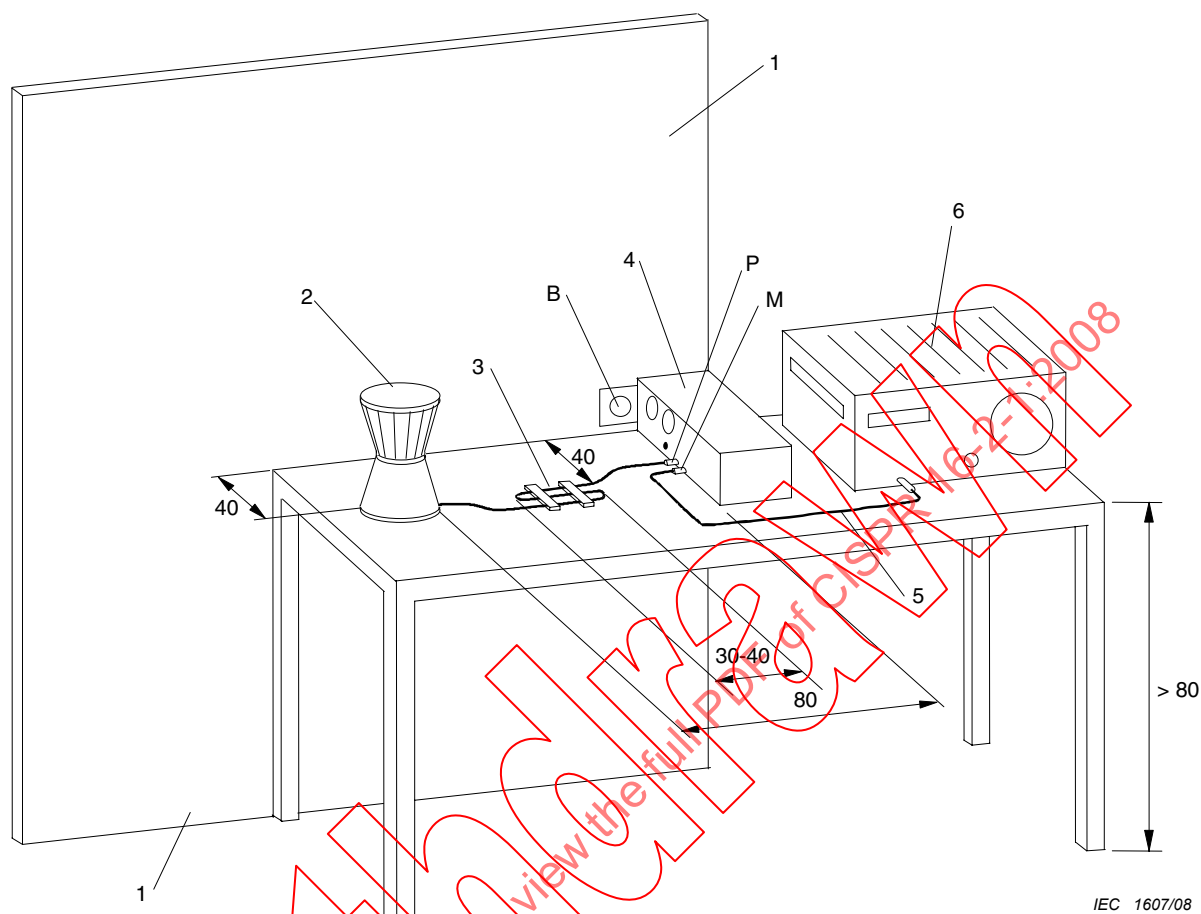
- 1 Interconnecting cables that hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table. The minimum bend radius of the cable shall not be exceeded. If the bend radius causes the cable folds to exceed 40 cm, the bend radius size shall take precedence.
- 2 I/O cables that are connected to a peripheral shall be bundled in the centre. The end of the cable may be terminated if required using correct terminating impedance. The total length shall not exceed 1 m – if possible.
- 3 EUT is connected to one AMN. Measurement terminals of AMNs and ISNs must be terminated with 50  $\Omega$  if not connected to the measuring receiver. AMNs are placed directly on the horizontal ground plane 0,8 m from the EUT and 40 cm from vertical ground plane if the vertical ground plane is the reference ground plane (see also Figure 7 a)). Alternatively (as shown in Figure 7 b)), AMNs are placed on the vertical ground plane 0,8 m from the EUT, if the horizontal ground plane is the reference ground plane, which is 40 cm below the EUT. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side. All associated equipment is connected to a second AMN if this second AMN is capable of supplying the necessary power. In cases where a single AMN is not capable of supplying the necessary power, several AMNs may be used to supply the associated equipment.
- 4 Cables of hand-operated devices, such as keyboards, mice, etc., shall be placed as close as possible to the host.
- 5 Non-EUT components being tested.
- 6 Rear of EUT, including peripherals, shall all be aligned and flush with rear of table-top.
- 7 Rear of table-top shall be at a distance of 40 cm from a vertical conducting plane that is bonded to the floor ground plane.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 6 – Test configuration: table-top equipment for conducted disturbance measurements on power mains**



**Figure 7 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance with a) vertical RGP and b) horizontal RGP**

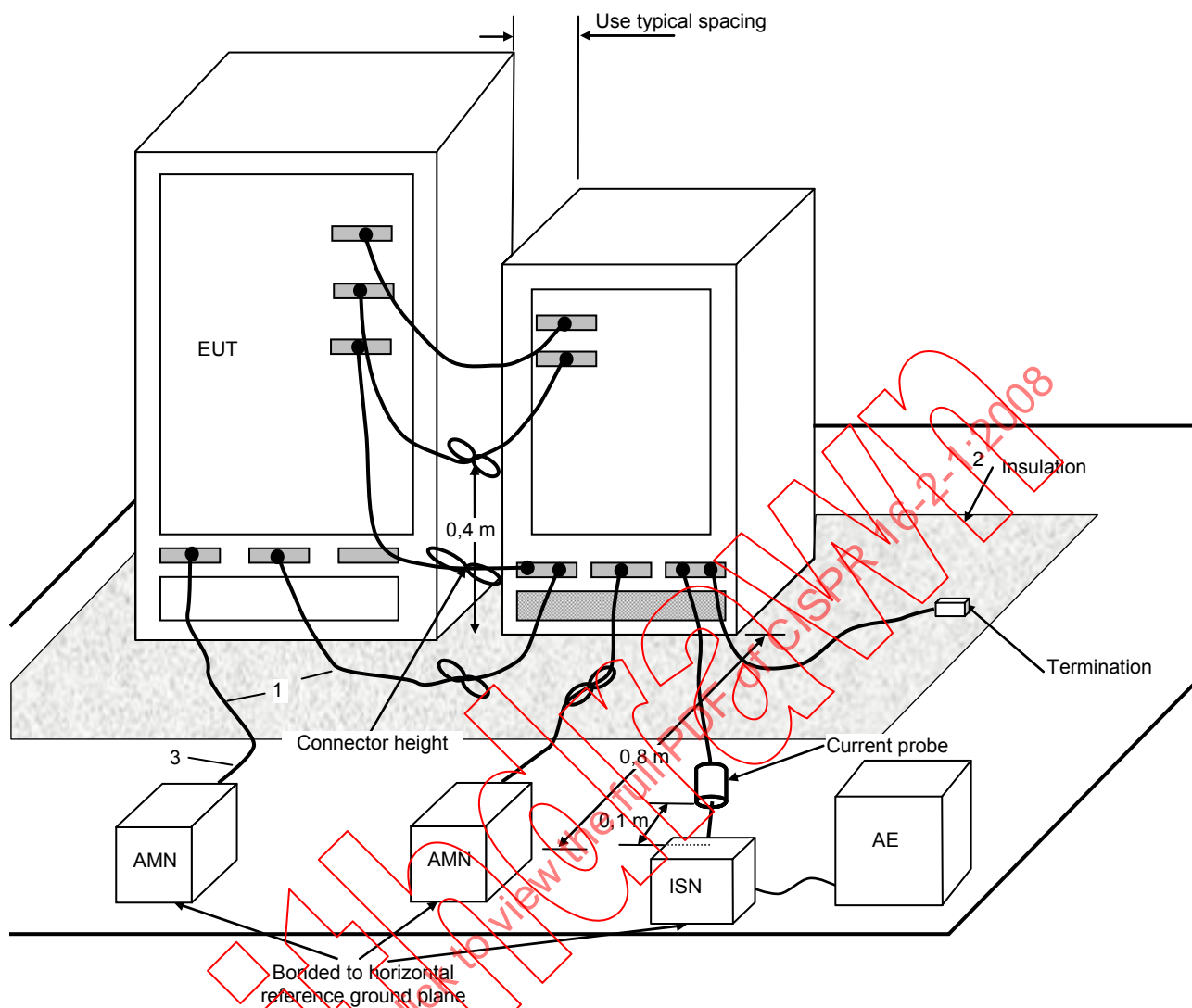


- 1 Metallic wall 2 m × 2 m
- 2 EUT
- 3 Excess power cord (e.g., 2 cm by 30 cm forming a meander)
- 4 AMN
- 5 Coaxial cable
- 6 Measuring receiver
- B Reference ground connection
- M Measuring receiver input
- P Power to EUT

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 8 – Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached**

Floor-standing EUTs are subject to the same provisions as above with the exception that they shall be placed on a floor, the points of contact being consistent with normal use. A ground-connected floor of metal shall be used which shall not make metallic contact with the floor support(s) of the EUT, but which shall make contact with intentional ground conductors of the EUT. The metal floor may be used as the reference ground plane and shall extend at least 50 cm beyond the boundaries of the EUT and have minimum dimensions of 2 m by 2 m. For examples of test configurations, see Figures 9 and 10.

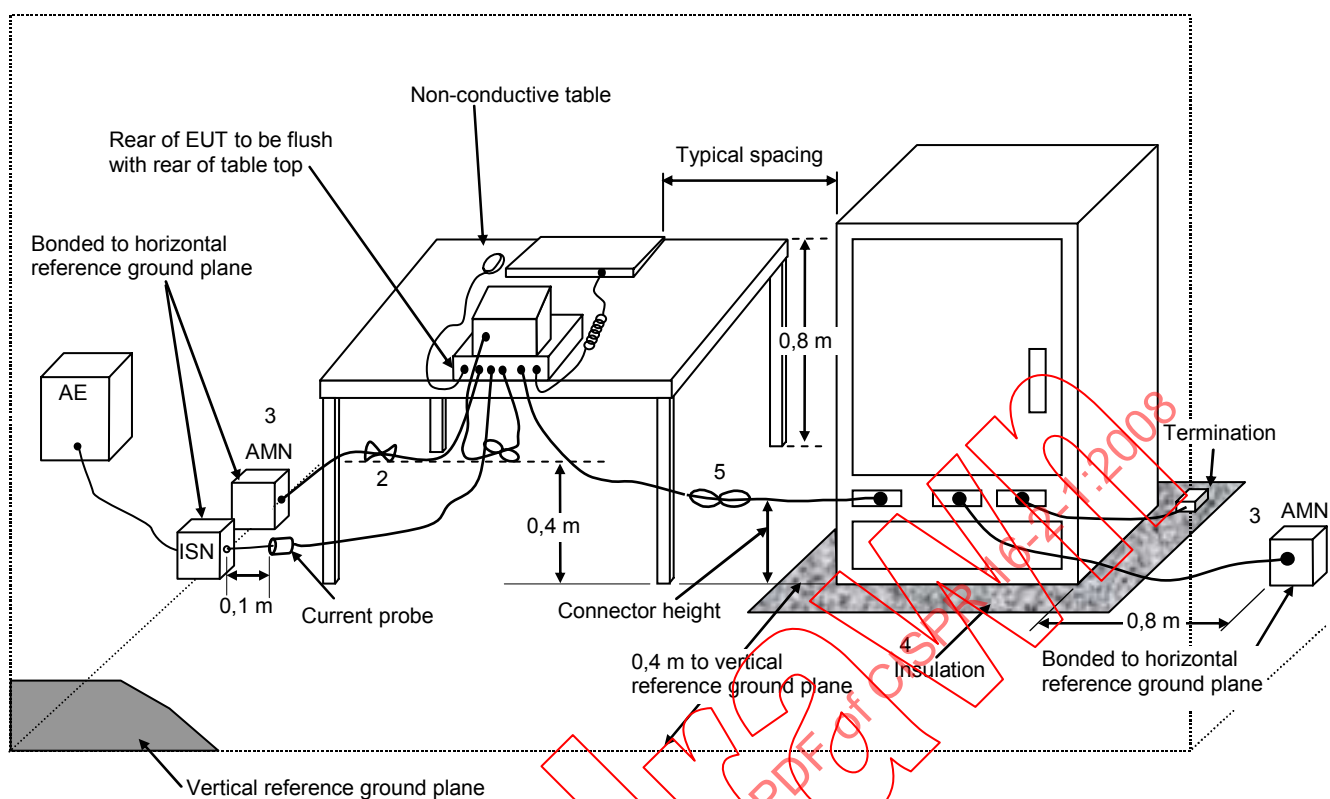


IEC 1608/08

- 1 Excess cables shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 2 The EUT and cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN can be placed on top of or immediately beneath the ground plane.  
All other equipment is powered from the second AMN.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 9 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.2)**



IEC 1609/08

- 1 The interconnecting cables which hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 30 cm to 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table.
- 2 Excess power cords shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN may alternatively be connected to the vertical reference plane. All other equipment is powered from the second AMN. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side.
- 4 The EUT and the cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
- 5 The I/O cable to the floor standing unit drapes to the ground plane and the excess is bundled. Cables not reaching the ground plane are dropped to the height of the connector or 40 cm, whichever is lower.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 10 – Example Test configuration: floor-standing and table-top equipment**  
(see 7.4.1 and 7.5.2.2)

The AN is RF bonded to the reference groundplane by a low RF impedance connection (as explained in 5.2).

NOTE The "low" RF impedance value should preferably be less than 10  $\Omega$  at 30 MHz. This can, for example, be achieved if the housing of the AN is mounted directly to the reference ground plane or its connection strap has a length-to-width ratio not more than 3:1. Resonances in the AN grounding can be identified by an in-situ test of the voltage division factor (see Annex E).

The EUT is arranged as shown in Figures 6 through 10. The reference distance between the boundary of the EUT and the closest surface of the AN is 80 cm. A good approach for tabletop EUTs as in Figures 6 and 10 is the AN mounted in the groundplane – the front panel being flush with the groundplane.

The power mains leads to an AN and the connecting cable from the network to the measuring receiver must be arranged in such a way that their locations do not influence the measurement results. EUTs, which are not equipped with fixed connecting leads, are connected to the AN with a 1 m long lead or as specified in the relevant equipment documentation. The 1 m length is preferred as it gives a lower standard compliance uncertainty.

Unless the EUT has specific requirements for ground lead impedance, the following instructions shall apply. If the EUT is to be connected to a reference ground, this shall be done by means of a lead running parallel to the EUT mains lead and of the same length at a distance of not more than 10 cm from it, unless a ground conductor is contained in the mains lead itself. If a fixed lead is attached to the EUT it shall be 1 m long, or if in excess of 1 m, part of the lead is folded back and forth in the shape of a meander between 30 cm and 40 cm in length, and arranged in the form of a non-inductive serpentine in such a way that the total length of the lead does not exceed 1 m (see also Figure 11). However, when the bundled lead may influence the measurement results, a shortening of the length to 1 m is recommended.

NOTE The decision whether bundling or meandering should be preferred has been excluded from the publication. Existing text of the former edition has been kept for simplicity. It has been found that meanders cause lower inductances than bundles, but resonances cannot be totally avoided. Therefore the question will be treated in a separate project.

#### **7.4.2 Procedure for the measurement of unsymmetric disturbance voltages with V-networks (AMNs)**

##### **7.4.2.1 General**

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. If, e.g., an AMN causes the EUT not to work, then measurements with current or voltage probes should be made.

##### **7.4.2.2 Arrangement of equipment with ground connection**

For equipment under test which is required to be grounded during its operation, or the conductive housing of which can come into contact with ground, the unsymmetric radio interference voltage of the individual mains lead is measured with reference to the reference metal wall (general ground of the measuring equipment) to which the housing of the equipment under test is connected via its protective ground conductor and the ground connection of the artificial mains network (see the equivalent circuit in Figure 12).

The parameters determining the interference potential of grounded test units are discussed in A.3.

For EUTs with two or more power and safety conductors or special ground connections, the measurement result depends much on the termination conditions of the mains terminals and the grounding conditions (refer also to 7.5 on measurement in systems).

As the ground safety conductors in the actual mains power supply installation may have a considerable length, and therefore do not guarantee a ground impedance as low and effective as in the standard test set-up with only a 1 m long ground wire connection to the reference ground, and moreover, since safety conductors need not be used on every product per IEC 60364-4, disturbance voltage measurements on pluggable safety-class I appliances shall be carried out according to 7.4.2.3, also without the safety or ground wire being connected (non-grounded measurement). If however for safety reasons it is necessary to maintain the safety function of ground wires, this can be achieved by the use of a PE choke or impedance equal to the network impedance of a V-network in the safety wire path.

Exceptions may be made for non-radiating or well-screened EUTs which have to be grounded according to special requirements or instructions (see A.2.1 and A.4.1).



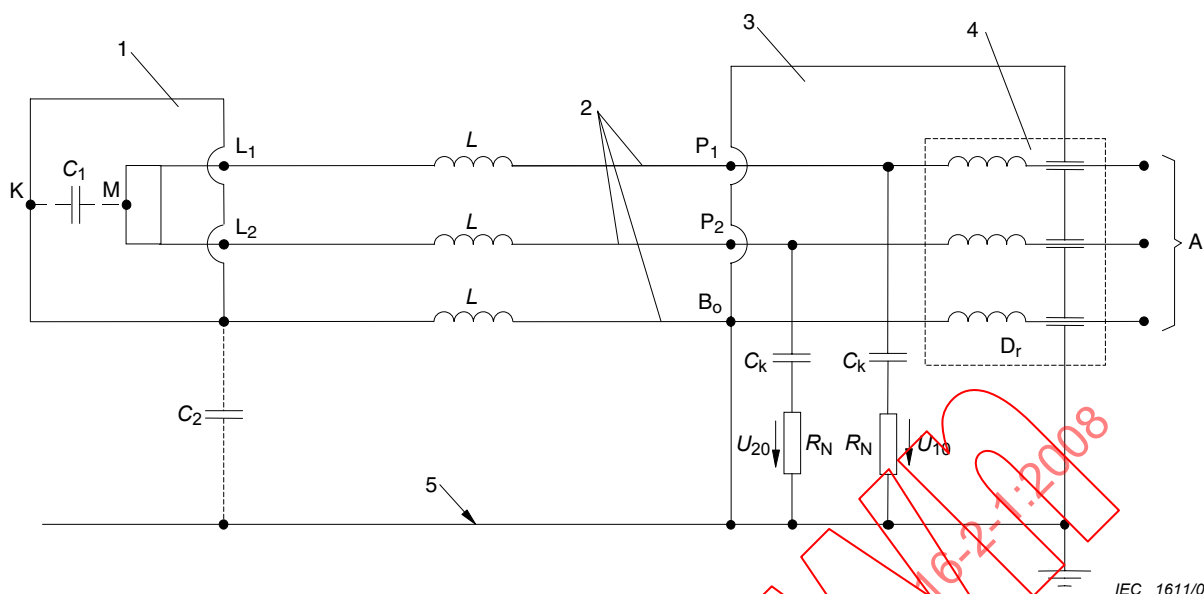


Figure 12a – Schematic for measurement and power circuit

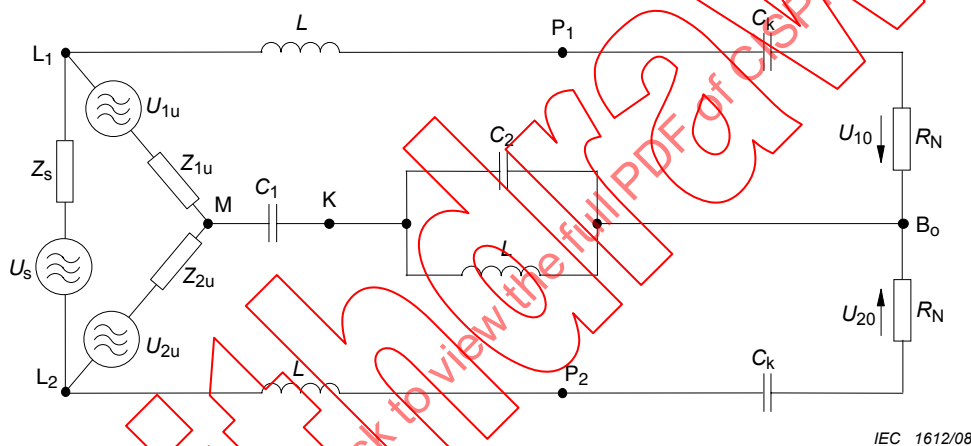


Figure 12b – Equivalent voltage source and measurement circuit

- 1 EUT
- 2 Power cord
- 3 AMN
- 4 Inductor and decoupling capacitor
- 5 Metallic wall
- A Power input
- B<sub>0</sub> Reference earth connection
- L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> Power cord connection (100 cm)
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> EUT plug to mains network
- C<sub>1</sub> Stray capacitance within EUT to metallic parts
- C<sub>2</sub> Stray capacitance of EUT to metallic wall (earth)
- C<sub>K</sub> Coupling capacitors within mains network
- D<sub>r</sub> Inductor (PE choke) for safety ground wire
- K Conductive structural parts of the EUT
- L Inductance of connecting wires
- M Fictitious mid-point of the internal common mode voltages
- R<sub>N</sub> Simulation resistances (50 Ω or 150 Ω)
- Z<sub>s</sub> Symmetric internal resistance of EUT
- Z<sub>1u</sub>, Z<sub>2u</sub> Common mode resistance of the EUT
- U<sub>1u</sub>, U<sub>2u</sub> Internal common mode voltage of the EUT
- U<sub>10</sub>, U<sub>20</sub> External measurable common mode voltage

**Figure 12 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for class I (grounded) EUT**

### 7.4.2.3 Arrangement of equipment without ground connection

Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (safety-class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of safety-class III) and also pluggable safety-class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetrical disturbance voltage of the individual conductors must be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of Figure 13.

Since in the long and medium wave bands (0,15 MHz to 2 MHz) the results of measurement can be considerably influenced by the low series capacitance  $C_2$  between the EUT and the reference ground, and since it is determined by the specified distance, the arrangement must be exactly followed and other external influence such as body and hand capacitance, for example, should be avoided.

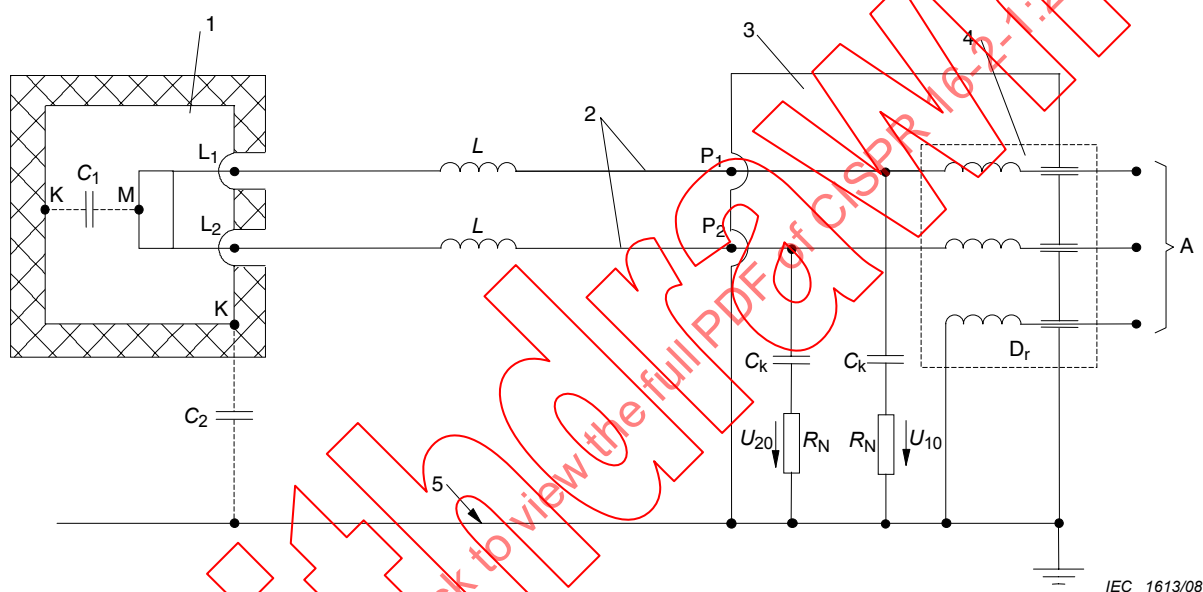


Figure 13a – Schematic for power and measurement circuit

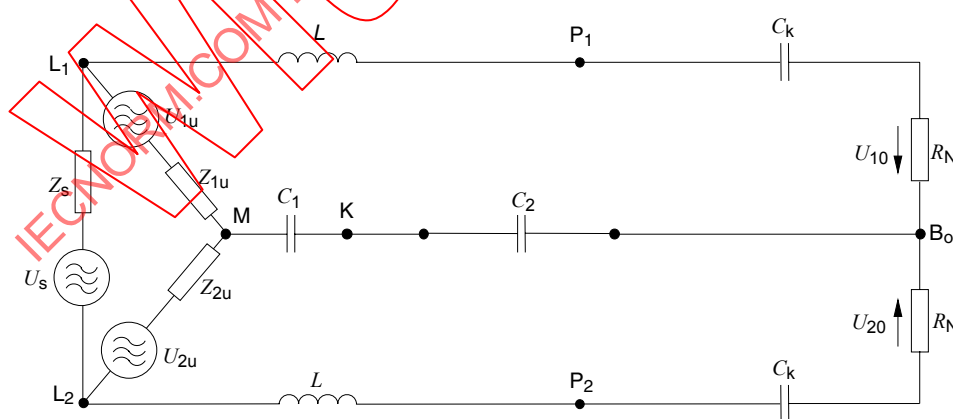


Figure 13b – Equivalent RFI source and measurement circuit

NOTE Refer to Figure 12 for symbols.

**Figure 13 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for class II (ungrounded) EUT**

#### 7.4.2.4 Arrangement of handheld equipment without a ground connection

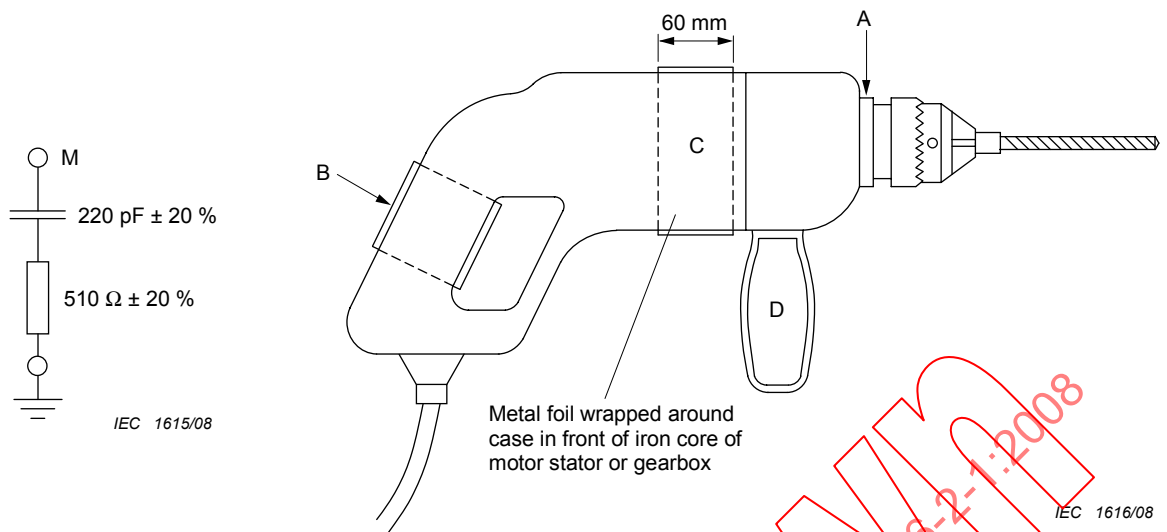
Measurements shall first be made in accordance with 7.4.2.3. Additional measurements shall then be made using the artificial hand described in CISPR 16-1-2.

The general principle to be followed in the application of the artificial hand is shown in Figure 15. Terminal M of the RC element shall be connected to any exposed non-rotating metal work and to metal foil wrapped around all handles, both fixed and detachable, supplied with the EUT. Metalwork which is covered with paint or lacquer is considered as exposed metalwork and shall be directly connected to the RC element.

The artificial hand shall consist of metal foil wrapped around the case, or part thereof, as specified below. The foil shall be connected to one terminal (terminal M) of an RC element (see Figure 14) consisting of a capacitor of  $220 \text{ pF} \pm 20 \%$  in series with a resistor of  $510 \Omega \pm 10 \%$ ; the other terminal of the RC element shall be connected to the reference ground of the measuring system.

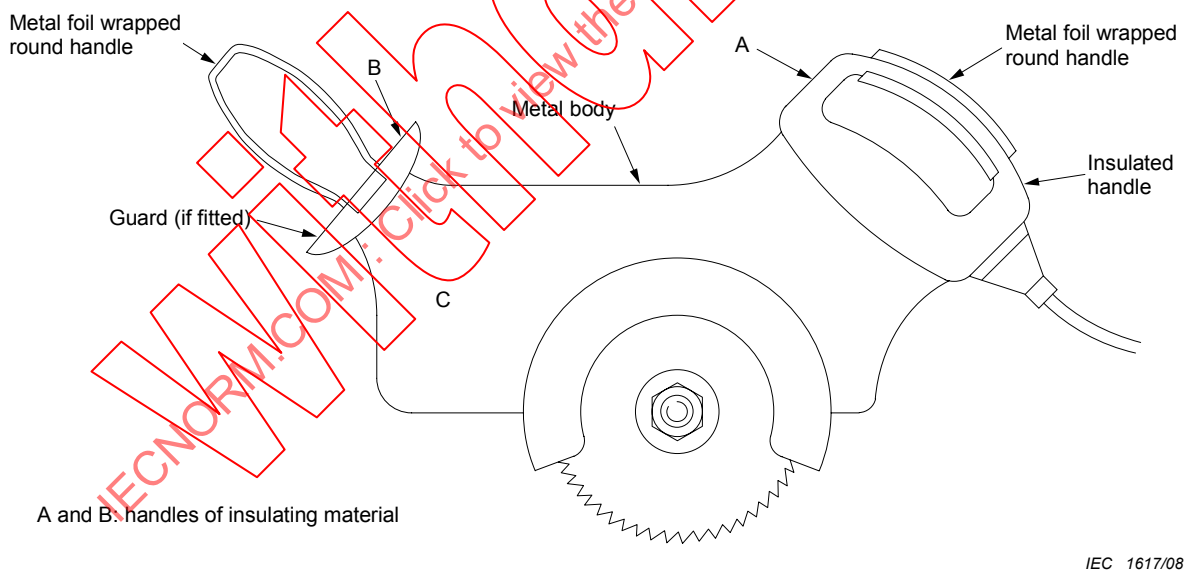
The artificial hand is to be applied in the following way:

- a) when the case of the EUT is entirely of metal, no metal foil is needed, but the terminal M of the RC element shall be connected directly to the body of the EUT;
- b) when the case of the EUT is of insulating material, metal foil shall be wrapped around the handle B (Figure 15), and also around the second handle D, if present. Metal foil 60 mm wide shall also be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located or around the gearbox if this gives a higher emission level. All these pieces of metal foil, and the ring or bushing A, if present, shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- c) when the case of the EUT is partly metal and partly insulating material, and has insulating handles, metal foil shall be wrapped around the handles B and D (Figure 15). If the case is non-metallic at the location of the motor, a metal foil 60 mm wide shall be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located, or alternatively around the gearbox, if this is of insulating material and a higher emission level is obtained. The metal part of the body, the point A, the metal foil round the handles B and D and the metal foil on the body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- d) when the EUT has two handles of insulating material A and B and a case of metal C, for example an electric saw (Figure 16), metal foil shall be wrapped around the handles A and B. The metal foil at A and B and the metal body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element.



**Figure 14 – RC element for artificial hand**

**Figure 15 – Portable electric drill with artificial hand**



**Figure 16 – Portable electric saw with artificial hand**

#### **7.4.2.5 Arrangement of keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch**

In the case of such equipment, the artificial hand shall be applied as required by the product specifications and in general according to 7.4.2.4.

#### **7.4.2.6 Arrangement of equipment with external suppression components**

If interference suppression devices are attached outside the EUT (e.g. in a plug device for connection to the mains) or as an element inserted in the connecting cable (power cord emission suppression device), or if shielded power cords are used, an additional 1 m long unshielded cable must be connected between the emission suppression device and the AN for measurement of the disturbance voltage. The line between the device and the emission suppression device must be placed in the direct proximity of the test object.

#### **7.4.2.7 Arrangement of equipment having auxiliary equipment (AuxEq) connected at the end of a lead other than the mains lead**

NOTE 1 Regulating controls incorporating semiconductor devices are excluded from this subclause; the provisions of 7.4.4.1 shall apply.

NOTE 2 When the AuxEq is not essential to the operation of the EUT and has a separate test procedure specified elsewhere, this subclause does not apply. The main EUT is tested as an individual EUT.

NOTE 3 The ultimate decision whether to measure and apply limits is to be made in the relevant CISPR product publication.

Connecting leads exceeding 1 m in length shall be bundled in accordance with 7.4.1.

Measurements are not required when the connecting lead between EUT and AuxEq is permanently fixed on both ends and is either shorter than 2 m or shielded, provided that in the latter case the shielded lead is connected at both ends to the metal housing of the EUT and that of the AuxEq. Leads with removable plugs and sockets are considered to be extendable to a length of more than 2 m and measurements are required.

The EUT shall be arranged in accordance with previous subclauses of 7.4.2, with the following additional requirements:

- a) the AuxEq shall be placed at the same height as and at the same distance from the grounded conducting surface and if the lead is long enough, it is to be treated in accordance with 7.4.1. If the auxiliary lead is shorter than 0,8 m, its length shall be maintained, and the AuxEq shall be placed as far away as possible from the main EUT. When the AuxEq is a control, the arrangements for its operation must not affect the level of disturbance;
- b) if an EUT having an AuxEq is grounded, no artificial hand shall be connected. If the EUT itself is made to be held in the hand, the artificial hand shall be connected to the EUT and not to any AuxEq;
- c) if the EUT is not made to be held in the hand, AuxEq which is not grounded and is made to be held in the hand must be connected to the artificial hand. If the AuxEq is not made to be held in the hand either, it shall be placed in relation to a grounded conducting surface as described in 7.4.1.

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements are conducted on all other terminals for incoming and outgoing leads (e.g., control and load lines) using a voltage probe connected to the input of the measuring receiver.

The AuxEq, control or load is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between the EUT and the AuxEq.

Measurements are performed both on the power input terminals of the EUT and the power input terminals of the AuxEq.

### **7.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals**

#### **7.4.3.1 General**

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. If e.g., an AN causes the EUT not to work, then measurements with current or capacitive voltage probes should be made.

#### **7.4.3.2 Measurement using the delta-type network**

The common mode disturbance voltage at the terminals for differential mode signal lines of telecommunication, data processing and other equipment is measured with delta-networks in accordance of CISPR 16-1-2, in the frequency range 150 kHz to 30 MHz. The delta-networks specified in CISPR 16-1-2 could be constructed so as to allow signal and d.c. current paths needed for the proper functioning of the EUT as long as the requirements on differential mode and common mode impedances of CISPR 16-1-2 are complied with.

When using the delta network for measurements on signal terminals, the differential mode rejection must be as high as needed not to give erroneous results when measuring a common mode disturbance voltage at the same frequency as the operational differential mode signal.

When the EUT is to be measured on its power supply terminals using an AMN all voltage measurements shall be carried out with both networks connected simultaneously. The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

NOTE The frequency range of the delta-network can be extended to 9 kHz using the same network impedance if decoupling of the connected signal line and coupling to the measuring receiver are designed accordingly.

#### **7.4.3.3 Measurements using the Y-type network**

Alternatively an asymmetrical (common mode) artificial network (AAN), i.e., a Y-type network according to CISPR 16-1-2, can be used for the measurement of common mode disturbance voltages in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

NOTE Y-type networks are frequently (e.g., in CISPR 22) called impedance stabilization networks (ISN).

In contrast to the delta-network which provides a differential mode and a common mode termination with equal simulation impedances of 150  $\Omega$ , the Y-network provides only a common mode termination of 150  $\Omega$  and with the communication line terminated with its characteristic impedance and a differential to common mode rejection characteristic of the telecommunication network to which the EUT is intended to be connected.

At the supply side of the Y-type network a signal simulator, load circuits for d.c. or the operational signal frequency of the EUT or other circuits needed for the operation of the EUT can be connected. These circuits shall either themselves provide a differential mode RF resistance of 100  $\Omega$  to 150  $\Omega$ , as required for the particular EUT, or with a termination to provide this resistance. When no external circuit is specified for the operation of the EUT a resistor of 150  $\Omega$  shall be connected as differential mode RF termination to the Y-type network. If no suitable Y-network is available, the telecommunication port is terminated with auxiliary equipment.

When an EUT with telecommunication port is to be measured on its power supply terminals using an AMN, the disturbance voltage measurements shall be carried out with AMN connected to the power port and Y-network connected to the telecommunication port simultaneously or with the associated equipment directly connected to the EUT. Figure 6

shows the measurement arrangement with AMNs and Y-networks (ISNs). The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

#### **7.4.4 Measurements using voltage probes**

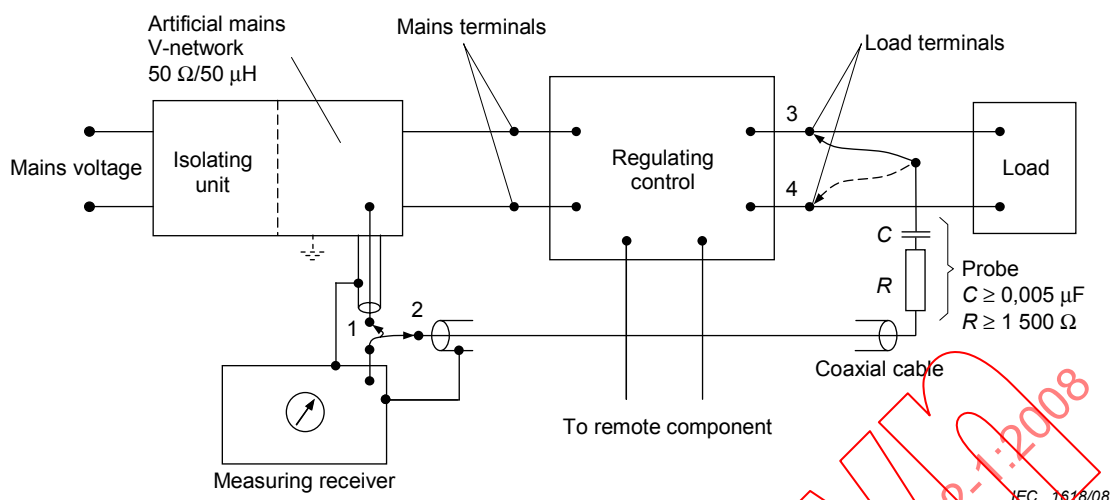
##### **7.4.4.1 With an AMN**

In order to test devices and systems with several connected or connectable lines, the disturbance voltage at the line connections, which cannot be measured with AMN (e.g. for connecting lines between parts of components which are separated from the mains) as well as the connecting jacks for antennas, control and load lines, must be measured with a voltage probe (see 7.3.3) with a high input impedance (1 500  $\Omega$  or more) to ensure that the lines are not loaded by the probe.

For these cases, however, the primary power input wires must be isolated and RF terminated with the AMN. For the remaining lines, also those not to be measured with the probe, the corresponding conditions of 7.4.1 and the operating conditions laid down for the individual devices in the respective product specifications (e.g. CISPR 11 and CISPR 14-1) must be observed in regard to arrangement and length. The voltage probe is connected to the measuring receiver via a coaxial cable, the screen of which is connected to the ground reference and the case of the voltage probe. No connection shall be made directly from this case to live parts of the EUT.

If the measuring receiver is connected to the voltage probe the AMN shall be terminated with 50  $\Omega$ .

Figures 17 and 18 (from CISPR 14-1) shows an example for a test set-up for measuring the interference voltage of a semi-conductor regulating control.



Switch positions:

- 1 For mains measurements
- 2 For load measurements
- 3 and 4 Successive connections during load measurements

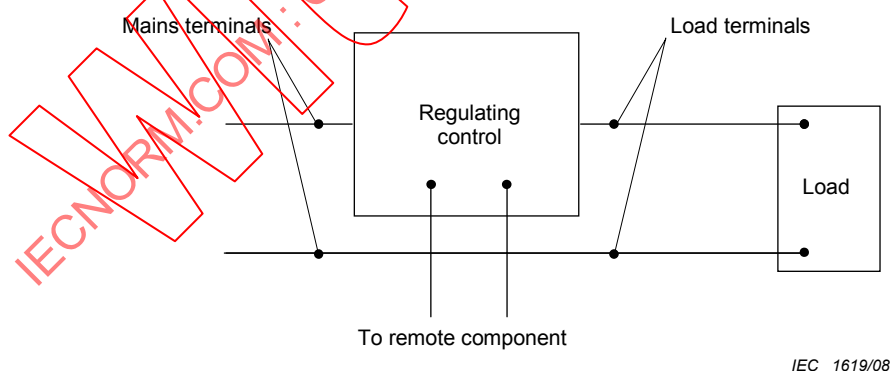
NOTE 1 The ground of the measuring receiver is connected to the AMN.

NOTE 2 The length of the coaxial cable from the probe does not exceed 2 m.

NOTE 3 When the switch is in position 2, the output of the AMN at terminal 1 is terminated by an impedance equivalent to that of the CISPR measuring receiver.

NOTE 4 Where a two-terminal regulating control is inserted in one lead only of the supply, measurements are made by connecting the second supply lead as indicated in Figure 18.

**Figure 17 – Measuring example for voltage probes**



**Figure 18 – Measurement arrangement for two-terminal regulating controls**

#### 7.4.4.2 Without an AMN

During testing of EUTs which are not to be measured with AMNs, the disturbance voltage is measured across a defined simulation resistance (e.g., artificial fence simulation in CISPR 14-1 or under open-circuit conditions with an exactly defined arrangement and line layout taking into consideration the specifications of 7.4.1). The disturbance voltage is measured with a high-impedance voltage probe.

This is valid also for e.g., power electronic devices which are fed from their own separate power supplies or battery devices to which separately installed lines are connected which are not to be loaded.

In the case of disturbance voltage measurements on separate individual power sources for currents of more than 25 A (e.g., battery, generator, converter), an impedance measurement must be applied to ascertain that the tolerance of the simulated resistance, in accordance with CISPR 16-1-2 is not exceeded.

The flexible ground connection for probes with an input impedance  $R_x$  of more than 1 500  $\Omega$  should not be longer than 1/10 of the wave-length at the maximum measurement frequency and shall be connected in the shortest possible way to the metal surface serving as reference ground. In order to avoid additional capacitive loading of the test point by the screening of the probe, the tip of the probe should not exceed a length of approximately 3 cm. The screened connections to the measuring receiver must be arranged in such a way that the capacitance of the test object is not altered with respect to the reference ground.

#### 7.4.4.3 AMN as a voltage probe

Where the current rating of an EUT exceeds the rating of available AMNs, the AMN can be used as a voltage probe. The EUT port of the AMN is connected to each of the supply lines of the EUT (single or three phase).

Prior to connecting an AMN to the mains supply, it must be safely connected to the local physical earth PE.

**WARNING:** Before disconnecting the PE, the AMN should be disconnected from the mains supply. The mains port of the AMN is left open. When the AMN is connected as a voltage probe, the pins on the AMN power input connector/plug will be energized by the supply voltage. The pins on the plug must be made safe with an insulated protective cover or other means.

In the frequency range of 150 kHz to 30 MHz, the supply lines of the EUT shall be connected to the mains via an inductance of 30  $\mu\text{H}$  to 50  $\mu\text{H}$  (see Figure A.8, configuration 2). The inductance may be realized by a choke, a line of 50 m length or a transformer. In the frequency range of 9 kHz to 150 kHz a greater inductance will normally be required for decoupling from the mains. This guarantees also a reduction of noise from the mains network (see A.5).

Since measurements are preferable with AMNs in their standard configuration, the AMN as a voltage probe should only be used for *in situ* tests and where practical current limitations are exceeded. It shall not be used for testing according to a product standard unless it is referred to in the product standard as an alternative measuring method.

#### 7.4.5 Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)

Disturbance voltage measurements on unshielded signal and telecommunication cables with more than 4 symmetrical pairs can be made using a CVP. The measurement can be combined with a current probe measurement to measure disturbance voltage and current simultaneously. The disadvantage of this method is a lack of isolation between the EUT and the actual network or simulator.

The CVP body shall be bonded to the reference ground plane using a ground connection as short as possible.

#### 7.4.6 Measurements using current probes

Disturbance current measurements may be useful for several reasons. The first is that in some devices it may not be possible to insert an AN. This is particularly true when tests are performed on installed systems, or where the EUT has very high currents. A second reason for the use of the current probe is that at the lower end of the frequency range the mains

impedance becomes very low, so the disturbance source is a current generator. The measurement of this current can be made by means of a current transformer without interrupting or disconnecting the mains connection.

Current probes shall conform to the requirements of CISPR 16-1-2.

Current probes enable the direct measurement of the common mode components of the disturbance current by enclosing the cable containing all leads. Therefore, common mode disturbance currents can be easily separated from differential mode operating currents.

If measurements are performed with known load and source impedances, the disturbance voltage can be calculated.

If only one conductor is enclosed, the superposition of the differential and common mode disturbance current components is measured. If, in this case, any extremely high (above 200 A) operating current exists, there is a risk of false data because the magnetic core of the current probe may saturate.

## **7.5 System test configuration for conducted emissions measurements**

### **7.5.1 General approach to system measurements**

The general objective of defining a system test configuration for conducted emission measurements has the following key points:

- avoiding common mode disturbance ground loops;
- defining a configuration which is easily duplicated;
- decoupling of lines not being measured from the line being measured;
- placing of lines to achieve decoupling;
- arrangement of lines to minimize the influence of magnetic fields on emission measurements
- duplicating requirements in 7.1 to 7.4 for the system test to the maximum extent possible.

Whenever possible, the disturbance voltage on a system line shall be measured with an AN. For currents up to 50 A, AMNs can be used quite easily. The AN shall be installed within 80 cm of the system equipment being measured, where practical. Each wire of a multi-wire power mains circuit shall be routed through an AMN. Each AN shall be terminated with a 50  $\Omega$  resistor at the measurement terminal.

The EUT shall be arranged and connected with cables terminated in accordance with the manufacturer's instructions.

For some measurements, relevant product publications may state a specific load to be used together with load voltage probes, instead of an AMN. A voltage probe may also be used for conducted measurements when the mains current is above 50 A and an appropriate AMN is not available. In this latter case test results with an AMN will take precedence over the results with a voltage probe, however.

For some measurements, the use of current probes may be specified in the relevant product publication.

### **7.5.2 System configuration**

The system shall be carefully configured, installed, arranged and operated in a manner that is most representative of the system as typically used (i.e., as specified in the instruction manual) or as specified herein. Equipment that typically operates within a system made up of multiple interconnected units should be tested as part of such a typical operational system.

Generally, the system that is tested shall be of the same type that is supplied to the end user. If the marketing information is not available or it is not practical to assemble extraordinary amounts of equipment to replicate a complete product installation, the test shall be performed using the best judgement of the test engineer in consultation with the design engineering staff. The results of any such discussion and decision process shall be documented in the test report.

The selection and placement of cables, a.c. line cords, host and peripherals depends on the type of EUT and must be representative of expected equipment installation. The separation between different units shall be 10 cm, unless this is not possible due to their construction. Then the units should be placed as closely together as possible (greater than 10 cm) and the setup shall be documented in the test report. Three types are distinguished. First, there are systems normally used entirely on one table-top, see e.g., Figure 6. A second type of system consists of equipment normally used in a floor-standing configuration. These include systems mounted over a specially designed raised floor which facilitates intra-system connection under the raised floor. Equipment making up the floor-standing system can be interconnected with cabling lying on the floor, under the floor in a raised floor installation, or overhead according to normal installation. Third, there are systems that are a combination of floor-standing and table-top systems. The remainder of this subclause provides instructions for the testing of each of these systems. In addition, the specific requirements in 7.1 to 7.4 shall be observed.

Equipment in a system, normally being floor-standing, shall be placed on a floor in accordance with 7.4.1. Equipment designed for both table-top and floor operation shall be tested only in the table-top configuration.

#### **7.5.2.1 Operating conditions**

The system shall be operated at the rated (nominal) operating voltage and typical load conditions – mechanical or electrical, or both – for which it is designed. Loads may be actual or simulated as described in the individual equipment requirements. For some systems, it may be necessary to develop a set of explicit requirements specifying the test conditions, operations, etc. to be used in testing a specific system.

If the system includes a visual display unit or monitor, the following operating conditions apply unless the product publication specifies otherwise:

- a) set the contrast control to maximum;
- b) set the brightness control to maximum or at raster extinction if raster extinction occurs at less than maximum brightness;
- c) for colour monitors, use white letters on a black background to represent all colours;
- d) select the worst case of positive or negative video if both are available;
- e) set character size and number of characters per line so that the maximum number of characters per screen is displayed;
- f) for a monitor that has no graphics capabilities, regardless of the video card used, a pattern consisting of random text shall be displayed;
- g) for a monitor with graphics capabilities, even though another video card may be needed to accomplish a graphic display, a pattern consisting of a line of scrolling Hs should be displayed;
- h) if a monitor has no text capabilities, use a typical display.

#### **7.5.2.2 Interfacing equipments, simulators and cables**

Compliance testing is performed with peripheral and cable placement which is judged realistic and likely to be found in the final installation. Figures 6, 9, 10 and 11 describe standardized test set-ups which will provide a basis for reproducibility among testing laboratories and is consistent with the requirement for a realistic system and cable orientation. Any deviation from the standard test set-ups shall be documented together with its supporting rationale.

Since a system is required to interact functionally with other units, the actual interfacing units should be used. Simulators may be used to provide representative operating conditions, provided the effects of the simulator used in lieu of an actual interfacing unit properly represent the electrical, and in some cases the mechanical, characteristics of the interfacing units, especially concerning RF signals, impedances and shield terminations. Because of the added degree of uncertainty when a simulator is used, such use should be avoided if possible. In case of a dispute, measurements made with an actual interfacing unit shall take precedence. If a device is designed for use with only a specific host computer or peripheral, it should be tested with that computer or peripheral.

Interfacing cables should be typical of normal use as supplied with the normal system and at least 2 m long unless the manufacturer's user manual specifies shorter cables. The same type of cable (that is, non-shielded, braided shield, foil shield, etc.) specified in the user manual should be used throughout the tests. Excessive lengths of cable shall be folded into a serpentine-like bundle at the approximate centre of the cable with the bundles 40 cm or less in length so that the effective length between EUT and AE does not exceed 1 m, if possible.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a statement must be included in the test report and in the instruction manual advising of the need to use those types of cables.

If magnetic fields are generated by components of the system (e.g., by VDUs), loops between ground connections and measurement lines may pick up these fields and measurement results may be erroneous due to voltages coupled into these loops. In order to avoid magnetic field pickup, connecting lines (ground and measurement lines) should be as short as possible and twisted.

Interface ports (connectors) shall have a cable connected to one of each type of functional interface port of the system, and each cable shall be terminated in a device typical of actual usage. Where there are multiple interface ports all of the same type, additional connecting cables shall be added to the system to determine the effect these cables have on emissions from the system. Measurements on power ports using V-networks shall be made with telecommunication ports simultaneously terminated with Y-networks (see 7.4.3.3).

Normally, the loading of similar ports is limited to the following:

- a) availability of multiple loads (for large systems);
- b) reasonableness of multiple loads representing a typical installation.

The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report, that is 25 % of possible cables were connected and the emissions did not increase by more than 2 dB when one or more cables were added. Additional ports on support units, interfacing units or simulators, other than those associated with the system or the minimum required system, need not be connected or used during testing.

### 7.5.2.3 Mains connection

If the system is an assembly of equipment each having its own power cords, the point of connection for the AMNs is determined from the following rules:

- a) each power cord which terminates in a mains supply plug of a standard design (IEC/TR 60083, for example) shall be tested separately;
- b) power cords or terminals which are not specified by the manufacturer to be connected via a host unit shall be tested separately;
- c) power cords or field wiring terminals which are specified by the manufacturer to be connected to a host unit or other power-supplying equipment shall be connected to that host unit or other power-supplying equipment, and the terminals or cords of that host unit or other power-supplying equipment are connected to the AMNs and tested;

- d) where a special mains connection is specified, the necessary connection hardware to the AMN shall be supplied by the manufacturer for the purpose of the test.

The ground safety conductor of units separately powered shall be isolated from the equipment under test by a 50  $\mu$ H AN in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz. The normal AMN mains input is connected to the reference ground in this use of the AMN as a filter.

### 7.5.3 Measurements of interconnecting lines

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements may need to be performed with a voltage probe on other terminals for incoming and outgoing leads (for example control and load lines). If the function of the equipment under test is affected by the 1 500  $\Omega$  impedance of the probe, the impedance at 50/60 Hz and at radio frequencies may need to be increased (for example 15 k $\Omega$  in series with 500 pF). In place of a voltage measurement, a current measurement with a current probe may also be used, if required (or offered as an option) in the product specification.

During the measurement, the ANs on the mains lead remain in place to provide a defined mains isolation and a defined RF termination. The auxiliary apparatus (control, load) is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between components of the equipment. Measurements are made on the specified terminals of each equipment.

If the connecting lines between components of the equipment are permanently fixed on both ends and either shorter than 2 m or shielded, no measurements are necessary, provided that in the latter case the shielded cable is connected at both ends to the reference ground, that is metal housing of the equipment. Non-shielded connecting lines with plug(s) or socket(s) are considered to be extendable to a length of more than 2 m and therefore must be extended by at least 2 m and must be tested. Shielded cables must be at least 2 m long unless the user manual specifies shorter cables.

### 7.5.4 Decoupling of system components

One of the sources of inaccurate conducted measurements in a system is any ground circulating current. This ground current may be interrupted by installing a 50  $\mu$ H AN (PE choke) in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz in the ground safety conductor to the EUT.

An additional source of circulating currents can be the shields of interconnecting cables between units. Therefore, the ground safety conductor to these units shall also be isolated by a 50  $\mu$ H AN.

The measurement receiver should be referenced to ground only at the measurement point to prevent ground loops. (Caution: shock hazard may exist if the measuring set is not supplied with an isolation transformer.)

## 7.6 *In situ* measurements

### 7.6.1 General

Where allowed by the relevant product standard, *in situ* measurements may be made for the evaluation of compliance if technical reasons prohibit emission measurement on a standard test site. Such technical reasons may include excessive size and/or weight of the EUT or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. *In situ* measurement results of an EUT type will likely deviate from site to site or from results obtained on a standard test site and should therefore not be used for type testing. The applicable product standard takes precedence.

The disturbance voltage shall be measured under the existing conduction conditions with non-reactive pick-up devices (high resistance voltage probes). The conduction conditions and measurement results are affected by:

- the existing reference ground or the reference mass used during measurement. Neither a conducting ground plane nor an AN shall be installed for user's installation testing unless one or both are to be a permanent part of the installation;
- the RF characteristics and loading conditions for the power mains conduction;
- the ambient RF environment;
- the input impedance of the pick-up device; and
- magnetic fields caused by the EUT or in the vicinity.

### 7.6.2 Reference ground

The existing ground at the place of installation should be used as reference ground. This should be selected by taking high-frequency (RF) criteria into consideration. Generally, this is accomplished by connecting the EUT via wide straps, with a length-to-width ratio not exceeding 3, to structural conductive parts of buildings that are connected to earth ground. These include metallic water pipes, central heating pipes, lightning wires to earth ground, concrete reinforcing steel and steel beams.

In general, the safety and neutral conductors of the power installation are not suitable as reference ground as these may carry extraneous disturbance voltages and can have undefined RF impedances.

If no suitable reference ground is available in the surroundings of the test object or at the place of measurement, sufficiently large conductive structures such as metal foils, metal sheets or wire meshes set up in the proximity can be used as reference ground for measurement.

The general requirements of 7.4.2.2 and of Annex A should be observed.

### 7.6.3 Measurement with voltage probes

Testing of conducted disturbance voltage is made with the voltage probe. Special precautions must be taken to establish a reference ground for the measurements.

Any voltage decrease caused by loading of the circuit to be measured can be determined qualitatively by varying the voltage probe input impedance. If the input impedance of the voltage probe is high compared to the internal impedance of the test point or of the tested network, then only slight differences in the measurement of the disturbance voltage occur when the probe input impedance is increased. The input impedance of the probe can be doubled by series connection of a 1 500  $\Omega$  resistor. If the disturbance voltage is then reduced by an amount between 5 dB and 6 dB, then the 1 500  $\Omega$  probe can be used to measure the disturbance voltage.

### 7.6.4 Selection of measuring points

#### 7.6.4.1 General

Radio disturbance voltage measurements at the place of installation are carried out at the boundaries of the user's premises, of industrial areas, or at points to be specified within the influence area of receiving system.

#### **7.6.4.2 Measurements on mains and other supply leads**

In power supply networks it is sufficient to measure the unsymmetric disturbance voltage with the voltage probe at accessible power outlets near the power entrance to the building.

#### **7.6.4.3 Measurements on unshielded and shielded cables**

In the case of non-shielded and shielded signal, control and load leads with non-grounded shield leaving the boundaries, the unsymmetric disturbance voltage shall be measured with a high-impedance voltage probe on the individual wires or the shields with respect to the reference ground. Common mode disturbance voltage can be measured with a capacitive voltage probe.

In the case of shielded cables with grounded shield, the common mode disturbance current is measured at a distance greater than one-tenth wavelength from the connecting and grounding points using a current probe.

### **8 Automated measurement of emissions**

#### **8.1 Introduction: Precautions for automating measurements**

Much of the tedium of making repeated EMI measurements can be removed by automation. Operator errors in reading and recording measurement values are minimized. By using a computer to collect data, however, new forms of error can be introduced that may have been detected by an operator. Automated testing can lead, in some situations, to greater measurement uncertainty in the collected data than manual measurements performed by a skilled operator. Fundamentally, there is no difference in the accuracy with which an emission value is measured whether manually or under software control. In both cases the measurement uncertainty is based on the accuracy specifications of the equipment used in the test set-up. Difficulties may arise, however, when the current measurement situation is different from the scenarios the software was configured for.

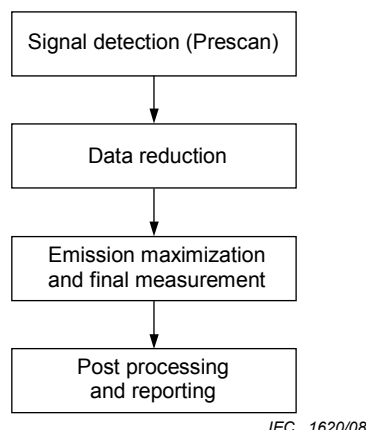
For example, an EUT emission adjacent in frequency to a high level ambient signal may not be measured accurately, if the ambient signal is present during the time of the automated test. A knowledgeable tester, however, is more likely to distinguish between the actual interference and the ambient signal; therefore the method for measuring the EUT emission can be adapted as required. However, valuable test time can be saved by performing ambient scans prior to the actual emission measurement with the EUT turned off to record ambient signals present on the OATS. In this case the software may be able to warn the operator of the potential presence of ambient signals at certain frequencies by applying appropriate signal identification algorithms.

Operator interaction is recommended if the EUT emission is slowly varying, if the EUT emission has a low on-off cycle or when transient ambient signals (e.g. arc welding transients) may occur.

#### **8.2 Generic measurement procedure**

Signals need to be intercepted by the EMI receiver before they can be maximized and measured. The use of the quasi-peak detector during the emission maximization process for all frequencies in the spectrum of interest leads to excessive test times (see 6.6.2). Time-consuming processes like antenna height scans are not required for each emission frequency. They should be limited to frequencies at which the measured peak amplitude of the emission is above or near the emission limit. Therefore, only the emissions at critical frequencies whose amplitudes are close to or exceed the limit will be maximized and measured.

The following generic process will yield a reduction in measurement time:



### 8.3 Prescan measurements

This initial step in the overall measurement procedure serves multiple purposes. Prescan places the least number of restrictions and requirements upon the test system since its main purpose is to gather a minimal amount of information upon which the parameters of additional testing or scanning will be based. This measurement mode can be used to test a new product, where the familiarity with its emission spectrum is very low. In general, prescan is a data acquisition procedure used to determine where in the frequency range of interest, significant signals are located. Improved frequency accuracy and data reduction through amplitude comparison may be necessary. These factors define the measurement sequence during the execution of prescan. In any case, the results will be stored in a signal list for further processing.

When a prescan measurement is made to quickly obtain information on an EUT's unknown emission spectrum, frequency scanning can be performed by applying the considerations of 6.6.

Determination of the required measurement time:

If the emission spectrum and especially the maximum pulse repetition interval  $T_p$  of the EUT is not known, this has to be investigated to assure the measurement time  $T_m$  is not shorter than  $T_p$ . The intermittent character of the EUT's emission is especially relevant for critical peaks of the emission spectrum. First should be determined at which frequencies the amplitude of the emission is not steady. This can be done by comparing the max-hold with a min-hold or clear/write function of the measuring equipment or software, and observing the emission for a period of 15 s. During this period no change of lead should be made. Signals with e.g. more than 2 dB difference between the max-hold result and min-hold result are marked as intermittent signals. (Care should be taken not to mark noise as intermittent signals.) The measurement is repeated, to reduce the risk that certain intermittent peaks are not found because they remain below noise level. From each intermittent signal, the pulse repetition period  $T_p$  can be measured, by applying zero span or using an oscilloscope connected to the IF-output of the measurement receiver. The correct measurement time can also be determined by increasing it until the difference between max-hold and clear/write displays is below e.g. 2 dB. During further measurements (maximization and final measurement), it has to be assured for each part of the frequency range that the measuring time  $T_m$  is not smaller than the applicable pulse repetition period  $T_p$ .

For **conducted emission measurements**, the prescan is defined as either performed on a representative lead, for example lead "L" of the power line, or on each lead using peak detection and the fastest scan time possible. If multiple leads are measured, a "maximum hold" function should be used to retain the highest emissions found during the measurement.

#### 8.4 Data reduction

The second step in the overall measurement procedure is used to reduce the number of signals collected during prescan and thus aimed at further reduction of the overall measurement time. These processes can accomplish different tasks, e.g. determination of significant signals in the spectrum, discrimination between ambient or auxiliary equipment signals and EUT emissions, comparison of signals to limit lines, or data reduction based on user-definable rules. Another example of data-reduction methods involving the sequential use of different detectors and amplitude versus limit comparisons is given by the decision tree in Annex C of this standard. Data reduction may be performed fully automated or interactively, involving software tools or manual operator interaction. It need not be a separate section of the automated test, i.e. it may be part of a prescan.

In certain frequency ranges, an acoustic ambient discrimination is very effective. This requires signals to be demodulated to be able to listen to their modulation content. If an output list of prescan contains a large number of signals and acoustic discrimination is needed, it can be a rather lengthy process. However, if the frequency ranges for tuning and listening can be specified, only signals within these ranges will be demodulated. The results of the data reduction process are stored in a separate signal list for further processing.

#### 8.5 Emission maximization and final measurement

During the final test the emissions are maximized to determine their highest level. After the maximization of the signals, the emission amplitude is measured using quasi-peak detection and/or average detection, allowing for the appropriate measurement time (at least 15 s if the reading shows fluctuations close to the limit).

For **conducted emission** measurements: the maximization process is defined by comparison of the emission amplitudes on the different leads of the EUT power cord and retention of the maximum levels.

#### 8.6 Post processing and reporting

The last part of the test procedure addresses documentation requirements. The functionality for defining sorting and comparison routines which then can be automatically or interactively applied to signal lists supports a user in compiling the necessary reports and documentation. The corrected peak, quasi-peak or average signal amplitudes should be available as sorting or selection criteria. The results of these processes are stored in separate output lists or can be combined in a single list and are available for documentation or further processing.

Results shall be available in tabular or graphics format, or a combination of both, for use in a test report. Furthermore, information about the test system itself, e.g. transducers used, measuring instrumentation, and documentation of the EUT set-up as required by the product standard should also be part of the test report.

## Annex A (informative)

### Guidelines to connection of electrical equipment to the artificial mains network (see Clause 5)

#### A.1 Introduction

This annex is intended to give general guidance in the techniques which can be used to assess the disturbance generated by certain electrical equipment in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. It provides information on methods of connection of such equipment to the artificial mains network for the measurement of terminal voltages. A table is provided giving a general presentation of various cases encountered in practice enabling, for such cases, a suitable technique to be selected.

The cases described below in A.2 identify propagation of the EUT disturbance either:

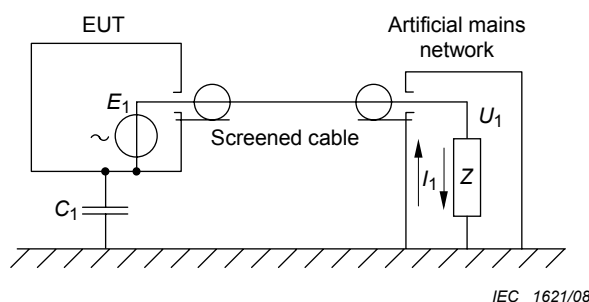
- by **conduction** along the connected mains leads (designated with  $E_1$  and  $I_1$  in the equivalent circuit diagrams), or
- by **radiation** and coupled to the connected mains lead (designated with  $E_2$  and  $I_2$  in the equivalent circuit diagrams).

Whether conducted or radiated disturbance dominates is partly dependent on the arrangement of the EUT with respect to the ground reference (including the type of connection to the reference ground) and of the type of connection from the EUT to the artificial mains network (shielded or non-shielded cable).

#### A.2 Classification of the possible cases

##### A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2)

In this case, the conducted disturbance component represented by the current  $I_1$  dominates. The disturbance current  $I_1$  is fed from the EUT to the artificial mains network Z. Consequently, the voltage  $U_1$  increases when capacitance  $C_1$  between the EUT shield and the ground reference increases (see Figure A.1). The voltage  $U_1$  is maximized ( $U_1 = ZI_1 = E_1$ ) when the impedance of the current return path is minimized by short-circuiting  $C_1$  either directly or by using shielded cables to supply the EUT (see Figure A.2). (Also, see the discussion in A.3.)



IEC 1621/08

Figure A.1

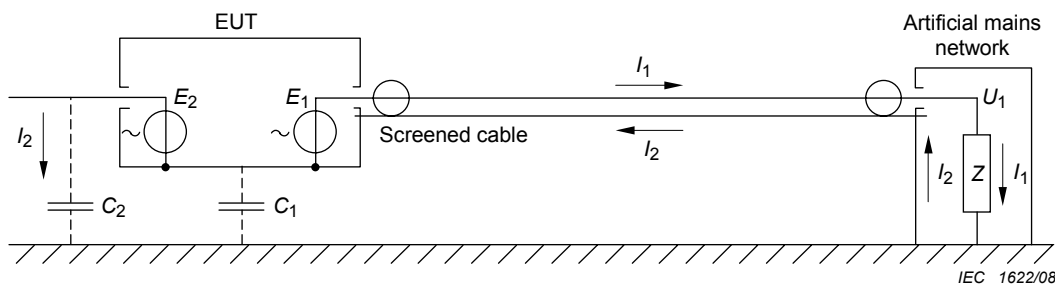


Figure A.2

### A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)

In this case, the disturbance current fed to the mains is reduced practically to zero, and the voltage across the artificial mains network may be dominated by undesirable radiation either from gaps in an incomplete shield or from a protruding conductor acting as an antenna. Such leakage can be represented schematically by an external capacitor  $C_2$  connected between an internal disturbance source of e.m.f.  $E_2$  and ground reference. This capacitance  $C_2$  passes a current  $I_2$ . Part of the current  $I_2$  which flows through  $C_2$  to the ground reference returns via  $C_1$  and a part of  $I_2$  returns via the artificial mains network. If the supply leads are unshielded (Figure A.3) and the impedance of  $C_1$  is large compared with the artificial mains impedance  $Z$  ( $ZC_1 \omega \ll 1$ ), then  $I'_2$  is nearly equal to  $I_2$  and the voltage  $U_2$  is nearly equal to  $I_2 Z$  ( $U_2 = ZI_2$ ).

If  $C_1$  is increased,  $Z$  is shunted and  $U_2$  will decrease. At the limit, when  $C_1$  is short-circuited by supplying the EUT through shielded cables (Figure A.4), so that no part of  $I_2$  flows through  $Z$ , then  $U_2$  will be zero.

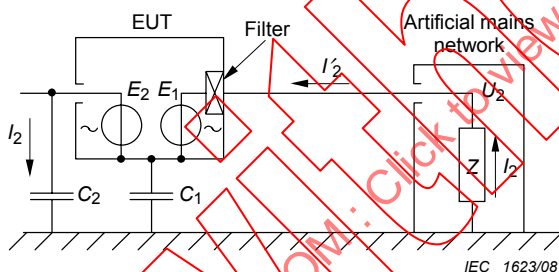


Figure A.3

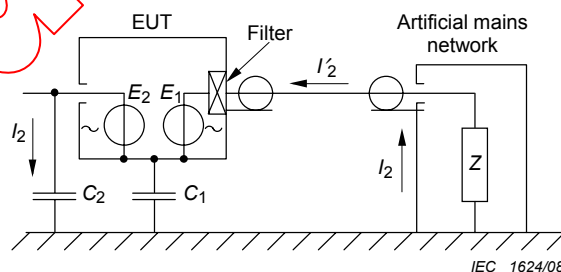


Figure A.4

### A.2.3 Practical general case

#### A.2.3.1 General

Most usually in practices, neither the shielding nor the filtering are perfect; the two preceding effects then occur simultaneously and they are additive. In such conditions, the three following cases may be encountered.

#### A.2.3.2 Supply through shielded conductors (Figure A.5)

The current  $I_1$  caused by leakage due to radiation flows in a circuit closed through ground and the external surfaces of the screening of the artificial mains network and of the supply conductors; it has no effect on  $Z$ .

The voltage  $U_1$ , which may be measured across  $Z$ , is solely due to the current  $I_1$  injected into the supply conductors and returning through the internal surfaces of the screening of the artificial mains network and these conductors. The voltage  $U_1$  is then maximum:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

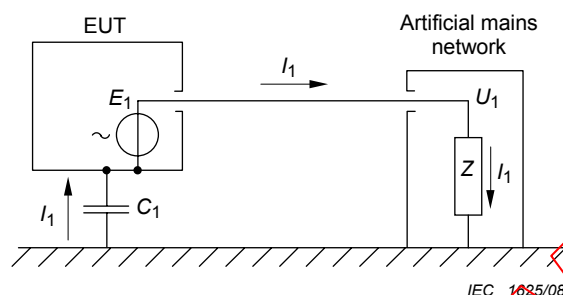


Figure A.5

#### A.2.3.3 Supply through unshielded but filtered conductors (Figure A.6)

If a highly efficient low-pass filter is connected to the input of the EUT, with its screening directly connected to the screening of the EUT, the current  $I_1$  fed by source  $E_1$  to the mains conductors will be stopped by the filter.

As in the case represented in Figure A.6, the current  $I_2$  due to the radiation returns through  $Z$  and the conductors (if  $ZC_1 \omega \ll 1$ ); the voltage  $U_2$  measured across  $Z$  is then produced solely by the radiation.

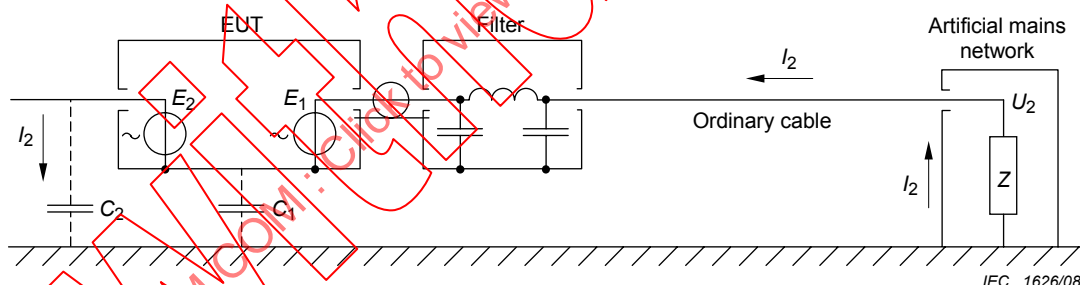


Figure A.6

#### A.2.3.4 Supply through ordinary conductors (Figure A.7)

Should the filter in Figure A.6 be removed, the current  $I_1$  from source  $E_1$  reappears on the conductors (Figure A.7). In comparison to Figure A.5 (with the maximum possible value of  $I_1$  for the supply of a non-filtered EUT through shielded conductors) the value of  $I_1$  in Figure A.7 (supply of a non-filtered EUT through ordinary i.e. unshielded conductors) is, if  $ZC_1 \omega \ll 1$ , reduced to a minimum value in the ratio of  $I_1$  (EUT unshielded) /  $I_1$  (EUT shielded) =  $ZC_1 \omega$  referred to its minimum value (Figure A.2). The current  $I_2$  is the same as in the previous cases, but as the conductors are not shielded, it passes also through  $Z$  and the mains conductors.

The voltage  $U$  across the artificial mains network results then from the superposition of currents  $I_1$  and  $I_2$ . When electromotive forces  $E_1$  and  $E_2$  are themselves produced by a common internal source, these currents are synchronous and the voltage  $U$  depends not only on their values but also on their phases. For certain frequencies, it may occur that currents  $I_1$  and  $I_2$  are in opposition and if they are also of approximately the same magnitude, the voltage  $U$  may become very small even if  $I_1$  and  $I_2$  are individually quite large. Moreover, if the

frequency of the source varies, the phase opposition may not remain constant and voltage  $U$  may show rapid and considerable variations.

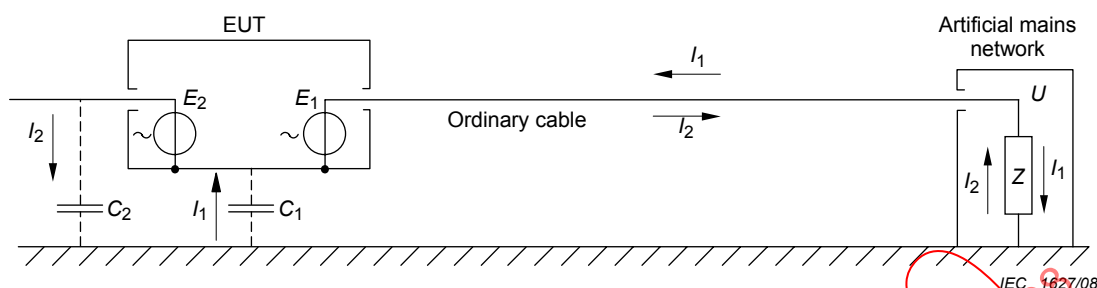


Figure A.7

### A.3 Method of grounding

In the foregoing, the connection to ground of the EUT was assumed to be made through connection of shielding of the supply conductors to the ground reference.

This is the only correct solution in order to obtain a grounding allowing a clear distinction between the two kinds of currents  $I_1$  and  $I_2$ , as indicated above. It may be applied, without exception to all frequencies.

For frequencies below 1.6 MHz practically the same result may be achieved by grounding through a straight lead of small length (1 m maximum), running parallel to the mains lead and not more than 10 cm distant from it.

For frequencies above a few MHz, this simplified solution should only be used with care, especially at the higher frequencies. It is then strongly recommended that screened conductors be used in all cases. At the higher frequencies, it may be necessary to take into account the characteristic impedance of the conductor.

### A.4 Conditions of grounding

#### A.4.1 General

##### A.4.1.1 General rules

It appears from the considerations discussed above that the behaviour of the measuring circuit for the voltage across the artificial mains network and, hence, the result of these measurements, is largely dependent on how the frame of the EUT being tested is connected to ground. It is therefore essential to specify these conditions closely.

Essentially, the principal effect of grounding is to separate the two currents  $I_1$  and  $I_2$  and possibly to cause opposing variations of their respective actions on the measuring apparatus (which measures voltage  $U$  across  $Z$ ). In the limiting case of a direct connection from the body of the EUT to ground, which short-circuits  $C_1$ , the values of current  $I_1$  and thus of voltage  $U_1 = ZI_1 \approx E_1$ , are maximum; on the contrary, the current  $I_2$  due to radiation passes entirely through this short circuit and the corresponding voltage  $U_2$  is reduced to zero.

From these remarks, the following general rules are drawn.

Direct grounding should always be used when testing:

- a) a non-radiating EUT (e.g. a motor) as, in such a case, the measurement yields the maximum value of the disturbance voltage which may be met in practice;
- b) a poorly filtered radiating EUT when, without troubling to measure the radiation, it is wished to measure solely the disturbance voltage due to direct injection into the supply conductors:
  - 1) either for assessing the efficiency of the filter (for instance, for the time base circuits of television receivers);
  - 2) or for assessing, in the laboratory, the actual disturbance produced by an apparatus whose radiation in normal operation will be suppressed by shielding (e.g. a transformer for the ignition system of fuel for boilers).

#### **A.4.1.2 Direct grounding**

Direct grounding should not be used when testing item b1) of A.4.1.1 either for a very well-filtered EUT which generates considerable radiation (for example, ozonizer, medical apparatus with damped oscillations, arc welders, etc.). In all these cases, the voltage across the artificial mains network becomes very small with direct grounding, while without such grounding the voltage may be quite large or unsteady. The measurement may then be meaningless and it may become necessary to make the grounding through a specified impedance in order to simulate the actual impedance of the safety ground (protective earth) conductor, e.g. by a protective ground choke which additionally provides some RF isolation from the "polluted" and therefore "poor" protective earth ground (see lower part of Table A.2).

NOTE The impedance of such an "electrical long" conductor is in case of an EUT of safety protection class I normally equal to the mains simulation impedance specified as termination for the mains terminals of the EUT provided by the artificial mains network (constituted by the network of  $50\ \mu\text{H} + 1\ \Omega$  which, due to thermal problems in case of high current loads, may be reduced to a network of  $50\ \mu\text{H}$ ).

#### **A.4.1.3 No grounding**

Without any grounding, the voltage across the artificial mains network results from the addition of both currents  $I_1$  and  $I_2$ . A measurement can only be obtained when one of these currents is reduced to zero, either with a very well-screened shielded but poorly filtered EUT (e.g. a motor) or with a very well-filtered but radiating EUT (e.g. a television receiver, an ozonizer, etc.).

NOTE If in case of an EUT of safety protection class I for the purpose of analysis of  $I_2$ , for the reduction of  $I_1$  the impedance according to the note under A.4.1.2 is not sufficient, a high impedance RF choke (1,6 mH) may be inserted into the ground conductor path.

The measurement usually yields only the value of the total disturbance, without allowing any discrimination, the results being only valid for the conditions used during the test. Such conditions should then be very well defined, namely the values of the capacitance to the ground plane of the various elements of the EUT (for instance, the capacitance of the transmission line from the aerial in the case of a television receiver). Moreover, a single measurement for one arbitrary frequency has no significance if, for this frequency, currents  $I_1$  and  $I_2$  are in opposition. As a matter of principle, then, it is necessary to make measurements at a number of frequencies.

#### **A.4.2 Classification of typical testing conditions**

Tables A.1 and A.2 summarize the various testing conditions and the types of EUTs for which they are suitable. The tables also give the meaning of the measurement, that is, the physical quantity which corresponds to the voltage  $U$  measured across the artificial mains network  $Z$  and also the precautions to be taken when making the measurement.

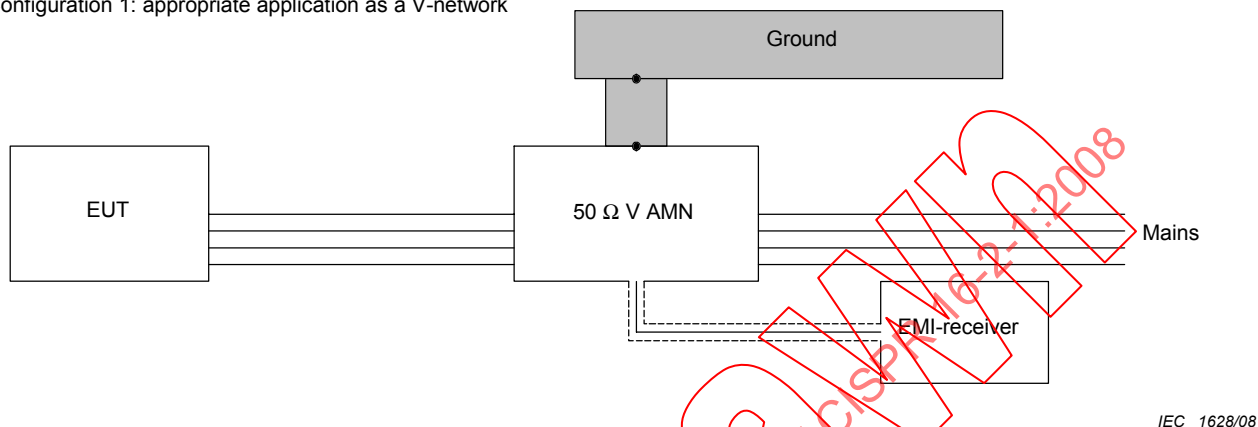
#### **A.5 Connection of the AMN as a voltage probe**

Conducted emission measurements of EUTs with high operational currents may cause difficulties. AMNs for the frequency range 9 kHz to 150 kHz (30 MHz) are available to

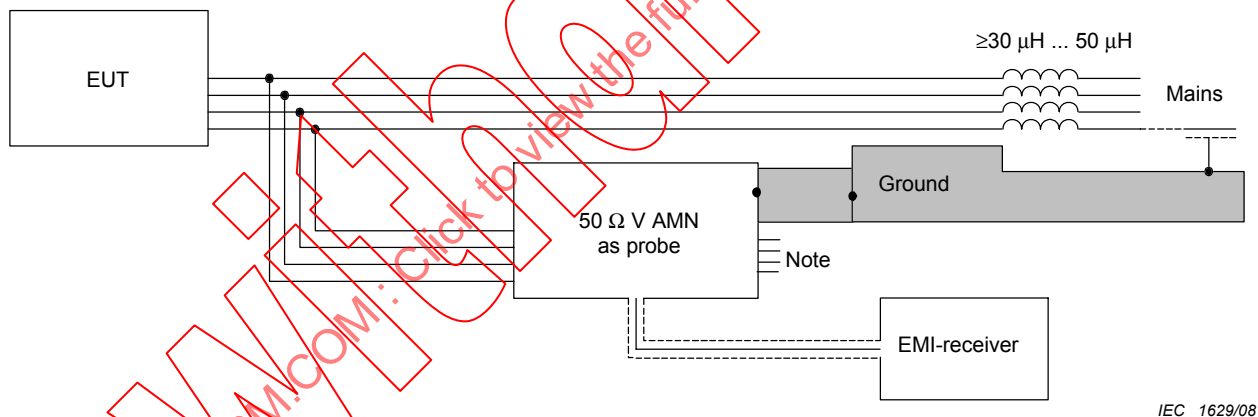
approximately 25 A nominal current. AMNs for the frequency range 150 kHz to 30 MHz ( $50\ \mu\text{H}$  parallel to  $50\ \Omega$ ) are available to approximately 200 A.

EUTs with higher current rating may be tested using the AMN as a voltage probe. This alternative solution is also helpful for *in situ* measurement, if referred to in the applicable product standard.

Configuration 1: appropriate application as a V-network



Configuration 2: application as a voltage probe



NOTE Exposed pins are made safe.

Figure A.8 – AMN configurations

Table A.1

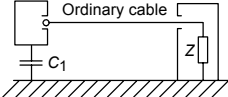
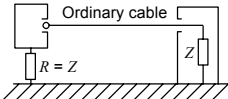
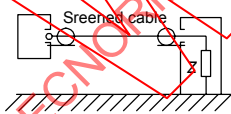
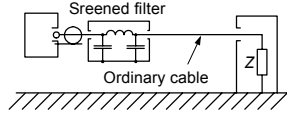
| Method of connection                                                                                                                                                        | Types of apparatus                    |                           |           | Quantity measured | Details of the measurement                                                                                   |                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                             | Examples                              | Essential characteristics |           |                   |                                                                                                              |                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                             |                                       | Earthing                  | Radiation |                   |                                                                                                              | Filtering                                                                                                             |
| <br><br> | Motors<br>Electro-domestic appliances | Without                   | Weak      | Moderate          | Actual interference (reduced) solely due to injected current $C_1$                                           | The interference depends on $C_1$                                                                                     |
|                                                                                                                                                                             | Ozonizers                             |                           | Strong    | Very good         | Actual interference solely due to radiation current $I_2$                                                    | It is necessary to state accurately the position of the appliance with regard to earth or to quote the value of $C_1$ |
|                                                                                                                                                                             | Medical apparatus                     |                           |           | Moderate          | Total overall interference resulting from the superposition of the two preceding effects ( $I_1$ and $I_2$ ) |                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                             | Arc-welding                           |                           |           |                   | These two effects ( $I_1$ and $I_2$ ) may be in phase opposition at certain frequencies                      | Measurement should be repeated, the frequency being varied                                                            |
|                                                                                                                                                                             | Television receivers (time-base)      |                           |           |                   |                                                                                                              |                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                             |                                       | With                      |           | Very good         | Actual interference produced with an earth connection of usual length                                        | The position of the appliance with regard to earth should be specified in order that $RC_1 \infty < 1$                |

Table A.2

| Method of connection                                                                | Types of apparatus                                                                                       | Quantity measured                                                                                    | Examples                                                                                            | Details of the measurement                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Non-radiating appliances provided with an earth terminal                                                 | Maximum actual interference as $C_1$ is short-circuited                                              | All motors provided with an earth terminal                                                          |                                                                                                        |
|                                                                                     | Radiating appliances when it is desired to measure only the interference caused by current feed to mains | Check on the efficacy of the screening                                                               | Television receivers<br>Medical apparatus<br>Ozonizers<br>Arc-welding                               |                                                                                                        |
|                                                                                     |                                                                                                          | Actual interference caused by an appliance which, in normal use, must be carefully screened          | Transformer for the ignition system of oil burners<br>Part of a screened assembly separately tested |                                                                                                        |
|  | Poorly filtered appliances when it is desired to measure only the interference caused by radiation       | Check on the efficacy of the screening                                                               | Television receivers. High-frequency industrial apparatus                                           | The position of the appliance with regard to earth should be specified in order that $ZC_1^\infty < 1$ |
|                                                                                     |                                                                                                          | Actual interference caused by an appliance which, in normal use, must be provided with a good filter | Fluorescent lighting                                                                                |                                                                                                        |

## **Annex B** (informative)

### **Use of spectrum analyzers and scanning receivers** (see Clause 6)

#### **B.1 Introduction**

When using spectrum analyzers and scanning measuring sets, the following characteristics should be taken into account.

#### **B.2 Overload**

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2 000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation or additional RF preselection may be required to reduce the input signal to this level.

#### **B.3 Linearity test**

Linearity can be measured by measuring the level of the specific signal under investigation and repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the measuring set or, if used, the preamplifier ( $X \geq 6$  dB). The new reading of the measuring set display should differ by X dB not more than  $\pm 0,5$  dB from the first reading when the measuring system is linear.

#### **B.4 Selectivity**

The spectrum analyzer and scanning measuring set must have the bandwidth specified in CISPR 16-1-1 to correctly measure broadband and impulsive signals and narrowband disturbance with several spectrum components within the standardized bandwidth.

#### **B.5 Normal response to pulses**

The response of a spectrum analyzer and scanning measuring set with quasi-peak detection can be verified with the calibration test pulses specified in CISPR 16-1-1. The large peak voltage of the calibration test pulses typically requires an insertion of RF attenuation of 40 dB or more to satisfy the linearity requirements. This decreases the sensitivity and makes the measurement of low repetition rate and isolated calibration test pulses impossible for bands B, C and D. If a preselecting filter is used ahead of the measuring set, then the RF attenuation can be decreased. The filter limits the spectrum width of the calibration test pulse as seen by the mixer.

#### **B.6 Peak detection**

The normal (peak) detection mode of spectrum analyzers provides a display indication which, in principal, is never less than the quasi-peak indication. It is convenient to measure emissions using peak-detection because it allows faster frequency scans than quasi-peak detection. Then those signals which are close to the emission limits need to be remeasured using quasi-peak detection to record quasi-peak amplitudes.

## B.7 Frequency scan rate

The scan rate of a spectrum analyzer or a scanning measuring set should be adjusted for the CISPR frequency band and the detection mode used. The minimum sweep time/frequency or the fastest scan rate is listed in the following table:

| Band | Peak-detection | Quasi-peak detection |
|------|----------------|----------------------|
| A    | 100 ms/kHz     | 20 s/kHz             |
| B    | 100 ms/MHz     | 200 s/MHz            |
| C&D  | 1 ms/MHz       | 20 s/MHz             |

For a spectrum analyzer or scanning measuring set used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode and according to the needs for observing the behaviour of the emission. If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring set must be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 6.5.1).

## B.8 Signal interception

The spectrum of intermittent emissions may be captured with peak-detection and digital display storage if provided. Multiple, fast frequency scans reduce the time to intercept an emission compared to a single, slow frequency scan. The starting time of the scans should be varied to avoid any synchronism with the emission and thereby hiding it. The total observation time for a given frequency range must be longer than the time between the emissions. Depending upon the kind of disturbance being measured, the peak detection measurements can replace all or part of the measurements needed using quasi-peak detection. Re-tests using a quasi-peak detector should then be made at frequencies where emission maxima have been found.

## B.9 Average detection

Average detection with a spectrum analyzer is obtained by reducing the video bandwidth until no further smoothing of the displayed signal is observed. The sweep time must be increased with reductions in video bandwidth to maintain amplitude calibration. For such measurements, the measuring set shall be used in the linear mode of the detector. After linear detection is made, the signal may be processed logarithmically for display, in which case the value is corrected even though it is the logarithm of the linearly detected signal.

A logarithmic amplitude display mode may be used, for example, to distinguish more easily between narrowband and broadband signals. The displayed value is the average of the logarithmically distorted IF signal envelope. It results in a larger attenuation of broadband signals than in the linear detection mode without affecting the display of narrowband signals. Video filtering in log-mode is, therefore, especially useful for estimating the narrowband component in a spectrum containing both.

## B.10 Sensitivity

Sensitivity can be increased with low noise RF pre-amplification ahead of the spectrum analyzer. The input signal level to the amplifier should be adjustable with an attenuator to test the linearity of the overall system for the signal under examination.

The sensitivity to extremely broadband emissions which require large RF attenuation for system linearity is increased with RF pre-selecting filters ahead of the spectrum analyzer. The

filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the intermodulation products they cause. If such filters are used they must be calibrated with broadband signals.

### **B.11 Amplitude accuracy**

The amplitude accuracy of a spectrum analyzer or a scanning measuring set may be verified by using a signal generator, power meter and precision attenuator. The characteristics of these instruments, cable and mismatch losses have to be analyzed to estimate the errors in the verification test.

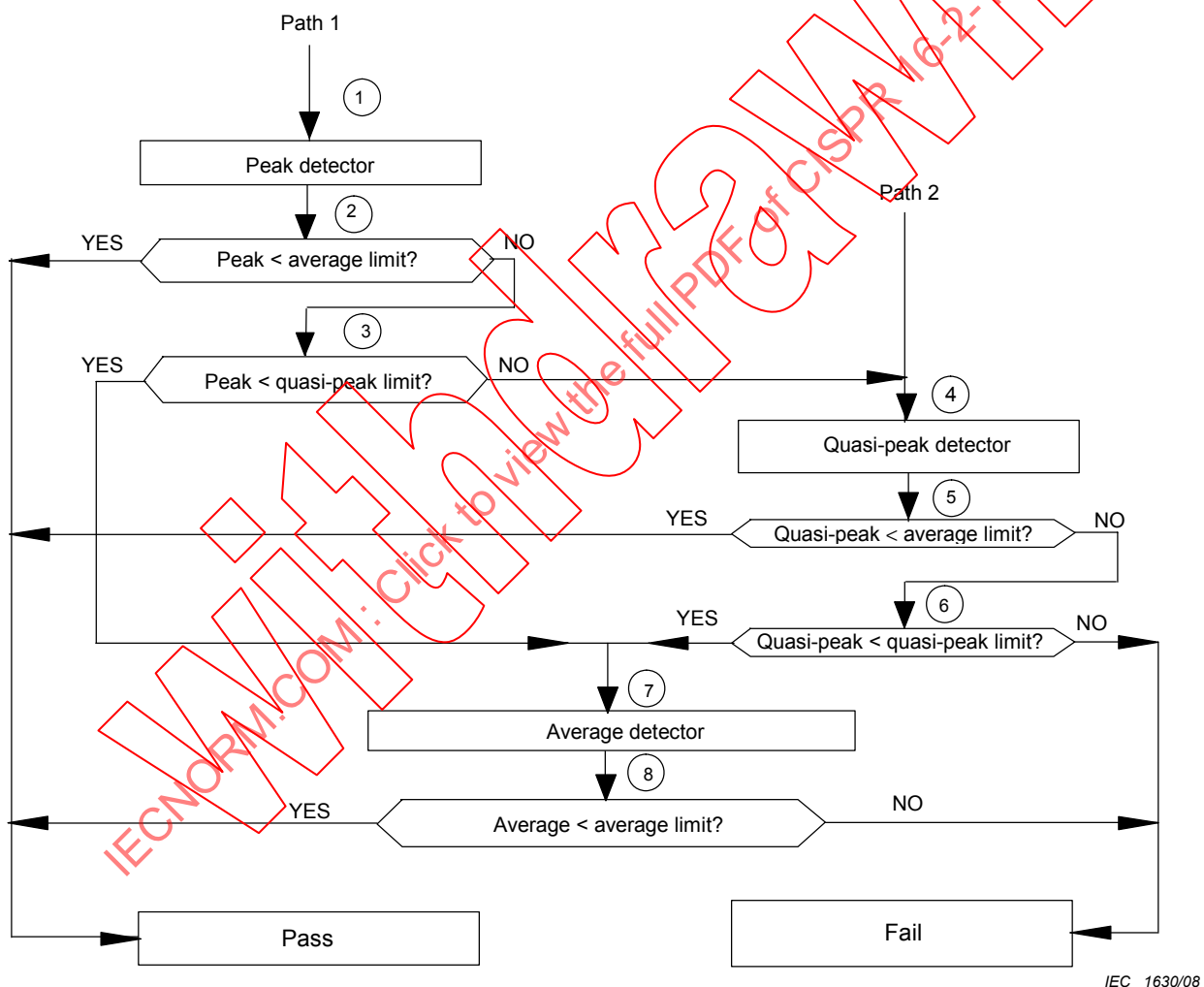
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2008

Withd2AM

## Annex C (informative)

### Decision tree for use of detectors for conducted measurements (see 7.2.2)

The following decision tree and notes provide guidance on the pass/fail criteria and the use of detectors for conducted disturbance measurements when the product specification requires measurements with both the quasi-peak and average detectors. For efficiency in performing these measurements, path 1 in Figure C.1 showing the use of the peak detector is recommended.



**Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors**

NOTE For the EUT to pass, the measured conducted emission must comply with both the quasi-peak and average limits. The tests may be performed using either path 1 or path 2; however, to optimize the speed of conducted disturbance measurements path 1 is recommended. Path 2, starting with a quasi-peak measurement, is slower in situations where compliance with the quasi-peak limit could already be determined from a peak measurement.

- 1) Start measurement with peak detector for rapid measurement.
- 2) Compare peak emission level to average limit.  
If emissions are above limit: go to step 3.  
If emissions are below limit: EUT passes.
- 3) Compare peak emission level with quasi-peak limit.  
If emissions are above limit: go to step 4.  
If emissions are below limit: go to step 7.
- 4) Measurement with quasi-peak detector.
- 5) Compare quasi-peak emission level to the average limit.  
If emissions are above limit: go to step 6.  
If emissions are below limit: EUT passes.
- 6) Compare quasi-peak emission level to the quasi-peak limit.  
If emissions are above limit: EUT fails.  
If emissions are below limit: go to step 7.
- 7) Measurement with average detector.
- 8) Compare average emission level to the average limit.  
If emissions are above limit: EUT fails.  
If emissions are below limit: EUT passes.

When frequency scanning is used during the peak measurement, the scan rate of the spectrum analyzer or scanning receiver should be adjusted not to exceed the fastest scan rate listed in Annex B.

## Annex D (informative)

### Scan rates and measurement times for use with the average detector

#### D.1 General

This annex is intended to give guidance on the selection of scan rates and measurement times when measuring impulsive disturbance with the average detector.

The average detector serves the following purposes:

- a) to suppress impulsive noise and thus to enhance the measurement of CW components in disturbance signals to be measured;
- b) to suppress amplitude modulation (AM) in order to measure the carrier level of amplitude modulated signals;
- c) to show the weighted peak reading for intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances using a standardized meter time constant.

CISPR 16-1-1 defines the average measuring receiver for the frequency range 9 kHz to 1 GHz.

In order to select the proper video bandwidth and the corresponding scan rate or measurement time, the following considerations apply.

#### D.1.1 Suppression of impulsive disturbance

##### D.1.1.1 General

The pulse duration  $T_p$  of impulsive disturbance is often determined by the IF bandwidth  $B_{res}$ :  $T_p = 1/B_{res}$ . For the suppression of such noise, the suppression factor  $a$  is then determined by the video bandwidth  $B_{video}$  relative to the IF bandwidth:  $a = 20 \log (B_{res}/B_{video})$ .  $B_{video}$  is determined by the bandwidth of the lowpass filter following the envelope detector. For longer pulses, the suppression factor will be lower than  $a$ . The minimum scan time  $T_{s \min}$  (and maximum scan rate  $R_{s \max}$ ) is determined using:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{res} \times B_{video}) \quad (D.1)$$

$$R_{s \max} = \Delta f / T_{s \min} = (B_{res} \times B_{video}) / k \quad (D.2)$$

where  $\Delta f$  is the frequency span and  $k$  is a proportionality factor which depends on the speed of the measuring receiver/spectrum analyzer.

For the longer scan times,  $k$  is very close to 1. If a video bandwidth of 100 Hz is selected, the maximum scan rates and pulse suppression factors in Table D.1 will be obtained.

**Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth**

|                                    | <b>Band A</b>    | <b>Band B</b>     | <b>Bands C and D</b> |
|------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Frequency range                    | 9 kHz to 150 kHz | 150 kHz to 30 MHz | 30 MHz to 1 000 MHz  |
| IF bandwidth $B_{\text{res}}$      | 200 Hz           | 9 kHz             | 120 kHz              |
| Video bandwidth $B_{\text{video}}$ | 100 Hz           | 100 Hz            | 100 Hz               |
| Max. scan rate                     | 17,4 kHz/s       | 0,9 MHz/s         | 12 MHz/s             |
| Max. suppression factor            | 6 dB             | 39 dB             | 61,5 dB              |

This can be applied for product standards calling out quasi-peak and average limits in bands B (and C) if short pulses are expected in the disturbance signal. Compliance of the EUT with both limits has to be demonstrated. If the pulse repetition frequency is greater than 100 Hz and the quasi-peak limit is not exceeded by the impulsive disturbance, then the short pulses are sufficiently suppressed for average detection with a video bandwidth of 100 Hz.

### **D.1.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging**

Average detection may be done by digital averaging of the signal amplitude. An equivalent suppression effect can be achieved if the averaging time is equal to the inverse of the video filter bandwidth. In this case, the suppression factor  $a = 20 \log (T_{\text{av}} \times B_{\text{res}})$ , where  $T_{\text{av}}$  is the averaging (or measuring) time at a certain frequency. Consequently a measurement time of 10 ms will result in the same suppression factor as the video bandwidth of 100 Hz. Digital averaging has the advantage of zero delay time, when switching from one frequency to another. On the other hand, for averaging of a certain pulse repetition frequency  $f_p$ , the result may vary depending on whether  $n$  or  $n+1$  pulses are averaged. This effect is less than 1 dB, if  $T_{\text{av}} \times f_p > 10$ .

### **D.2 Suppression of amplitude modulation**

In order to measure the carrier of a modulated signal, the modulation has to be suppressed by signal averaging over a sufficiently long time, or by using a video filter of sufficient attenuation at the lowest frequency. If  $f_m$  is the lowest modulation frequency and if we assume that the max. measurement error due to the 100 % modulation is limited to 1 dB, then the measurement time  $T_m$  should be  $T_m = 10 / f_m$ .

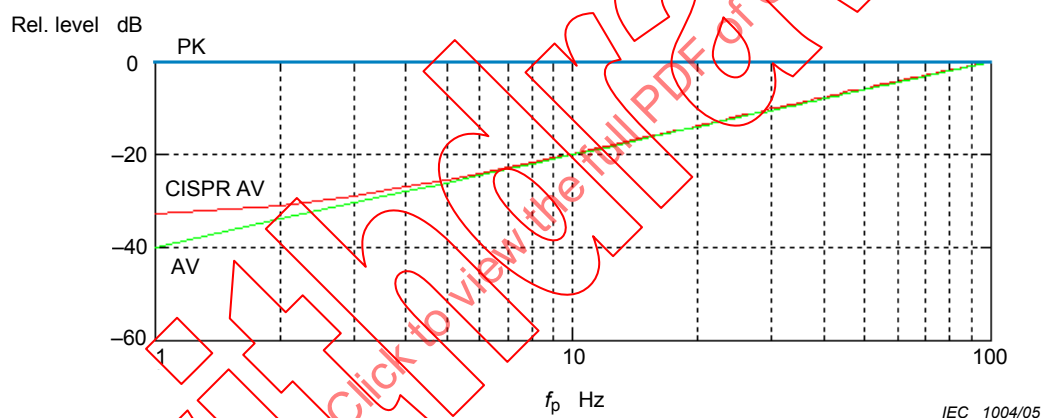
### **D.3 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances**

In CISPR 16-1-1, the response to intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances is defined using the peak reading with meter time constants of 160 ms (for bands A and B) and 100 ms (for bands C and D). These time constants correspond to second order video filter bandwidths of 0,64 Hz or 1 Hz respectively. For correct measurements, these bandwidths would require very long measurement times (see Table D.2).

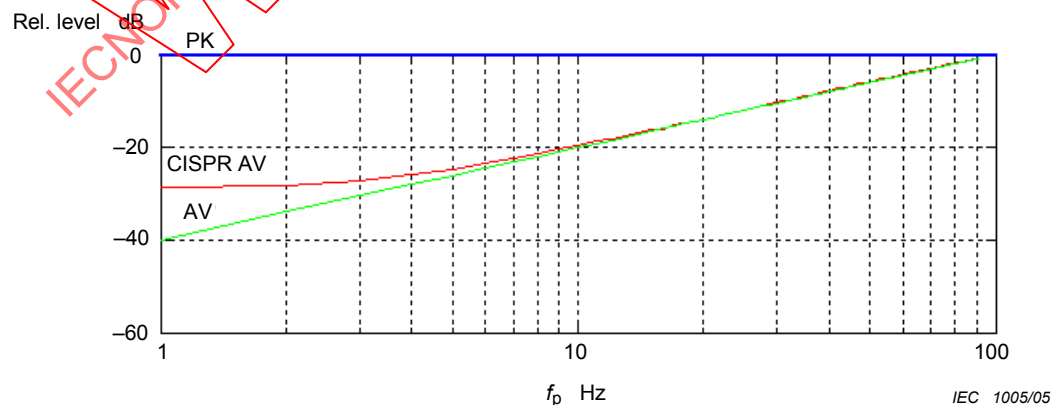
**Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates**

|                             | Band A           | Band B            | Bands C and D       |
|-----------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Frequency range             | 9 kHz to 150 kHz | 150 kHz to 30 MHz | 30 MHz to 1 000 MHz |
| IF bandwidth $B_{res}$      | 200 Hz           | 9 kHz             | 120 kHz             |
| Meter time constant         | 160 ms           | 160 ms            | 100 ms              |
| Video bandwidth $B_{video}$ | 0,64 Hz          | 0,64 Hz           | 1 Hz                |
| Maximum scan rate           | 8,9 s/kHz        | 172 s/MHz         | 8,3 s/MHz           |

This applies however only for pulse repetition frequencies of 5 Hz or less. For all higher pulse widths and modulation frequencies, higher video filter bandwidths may be used (see D.1.2). Figures D.1 and D.2 show the weighting function of a pulse with 10 ms pulse duration versus pulse repetition frequency  $f_p$  with peak reading ("CISPR AV") and with true averaging ("AV") for meter time constants of 160 ms (Figure D.1) and 100 ms (Figure D.2).

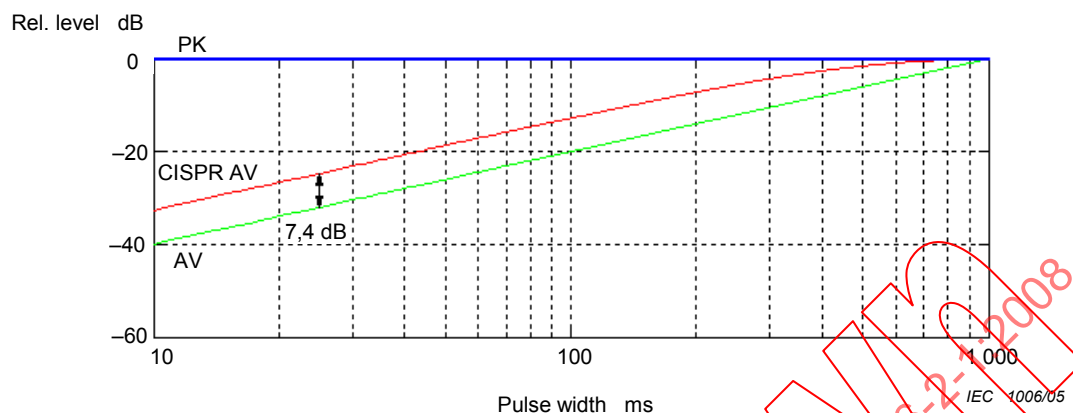


**Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak ("PK") and average detections with ("CISPR AV") and without ("AV") peak reading; meter time constant 160 ms**

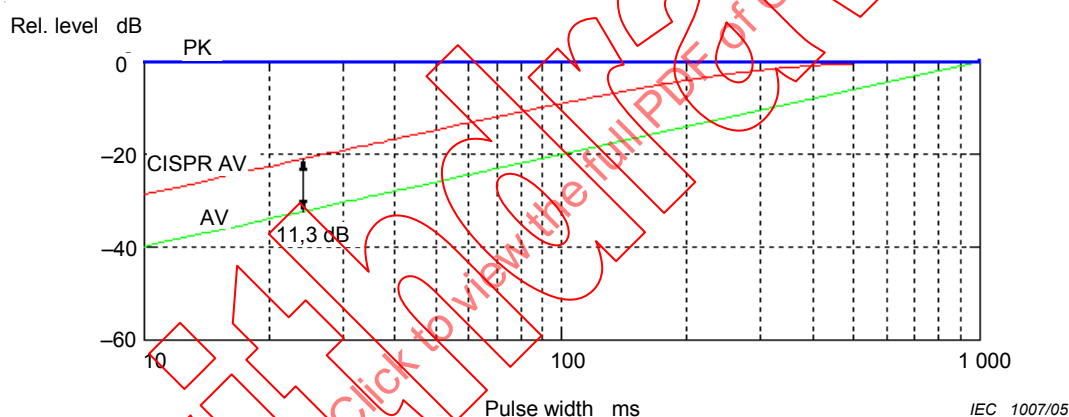


**Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak ("PK") and average detections with ("CISPR AV") and without ("AV") peak reading; meter time constant 100 ms**

Figures D.1 and D.2 imply that the difference between average with peak reading (“CISPR AV”) and without peak reading (“AV”) is increasing as the pulse repetition frequency  $f_p$  decreases. Figures D.3 and D.4 show the difference for  $f_p = 1$  Hz as a function of pulse width.



**Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms**



**Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms**

#### **D.4 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements**

When measuring EUTs which do not emit slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, it is recommended to measure with the average detector using a video filter bandwidth of e.g. 100 Hz, i.e. a short averaging time during a prescan procedure. At frequencies where the emission is found to be close to the average limit, it is recommended to make a final measurement using a lower video filter bandwidth, i.e. a longer averaging time. (For the prescan/final measurement procedure, see also Clause 8 of this standard).

For slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred solution.

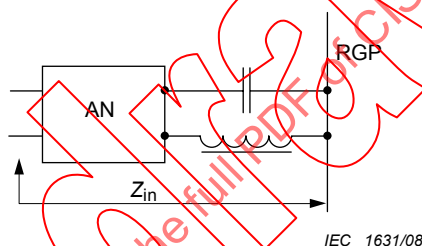
## Annex E (informative)

### Guidelines for the improvement of the test setup with ANs

#### E.1 In-situ verification of the AN impedance and voltage division factor

In order to minimize resonances in the AN grounding, it is recommended to verify the AN impedance (if a vector network analyzer is available) and/or the voltage division factor (VDF) in situ. This can be done by measuring these parameters with reference to the reference ground plane (RGP) instead of measuring relative to the ground connection of the AN itself. A description of the VDF measurement can be found in CISPR 16-1-2.

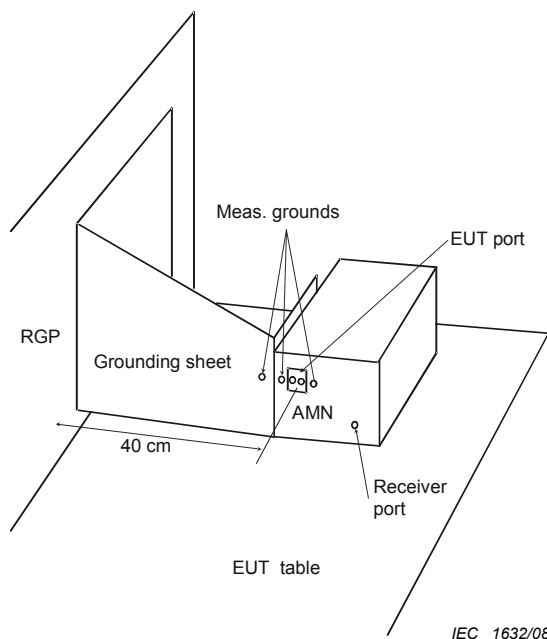
If the AN is bonded to the reference ground plane using a ground strap of significant inductance which appears in parallel to the AN enclosure capacitance relative to the ground plane, a parallel resonance may result within the frequency range below 30 MHz (see Figure E.1)



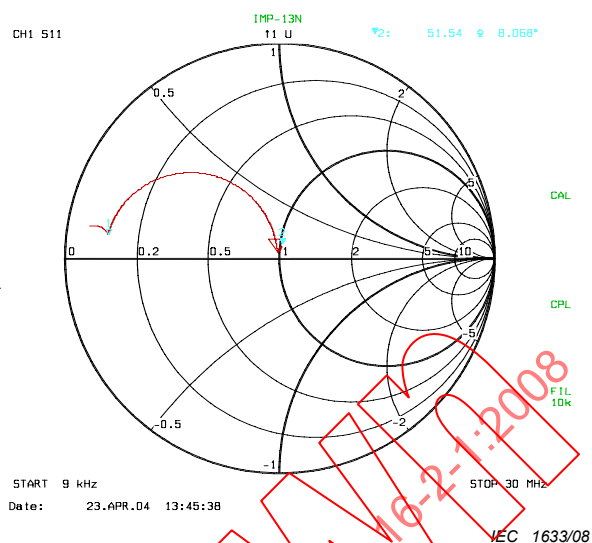
**Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance**

Using in-situ measurements of the impedance and the VDF, solutions can be found as shown in Figure E.2, where an AMN was used as an example of an AN. The AMN impedance is shown in Figure E.3 and the VDF shown in Figure E.4. In this example, the AMN was connected to a vertical wall-mounted RGP to give a distance of 40 cm between the centre of the power plug and the RGP as required especially by Figure 8, but generally also in other test configurations. The impedance measurements into the AMN were made:

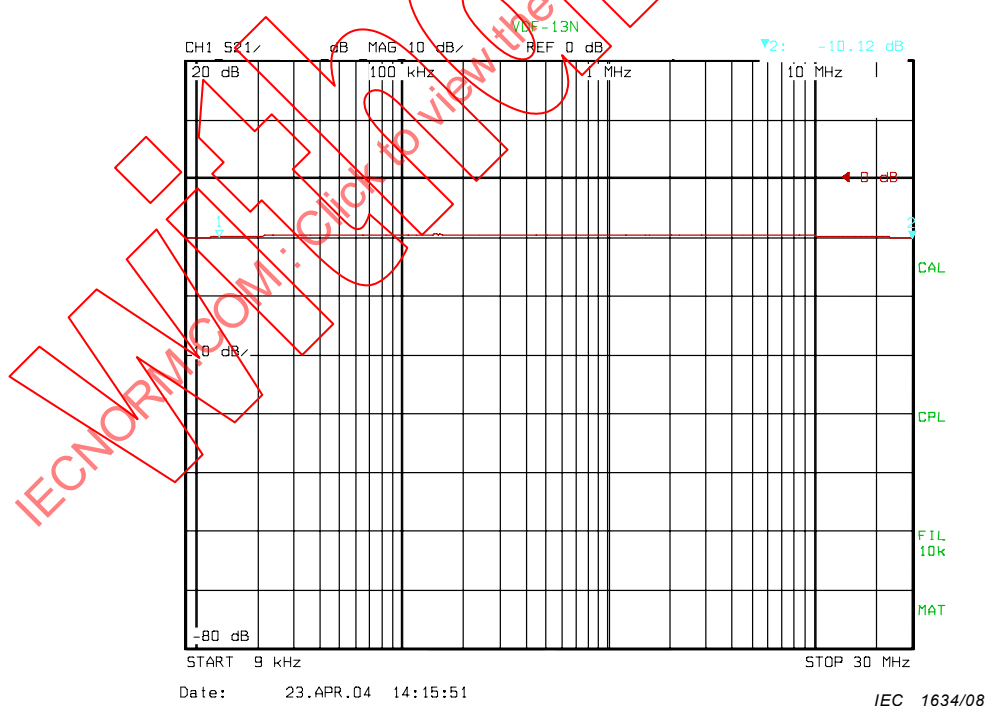
- with reference to the front panel measurement ground (see Figure E.2)
- with reference to a measurement ground on the grounding sheet (Figure E.2), and
- with reference to the vertical RGP (see Figure E.5). In this case it is important to use a low-impedance measurement ground.



**Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding**

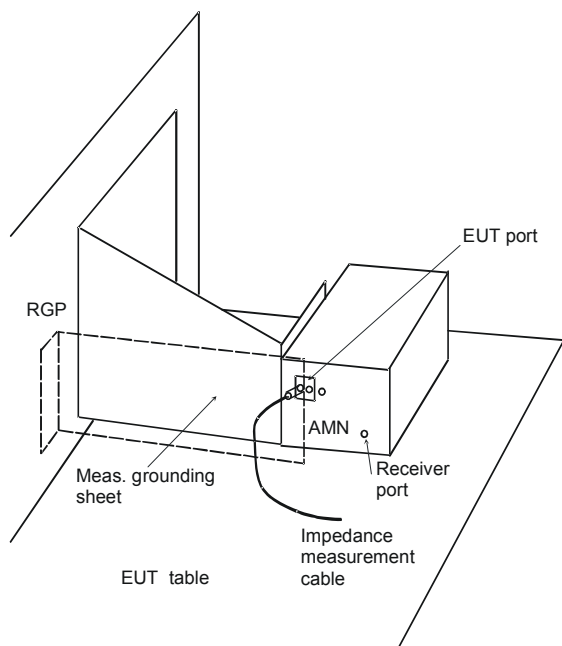


**Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet**

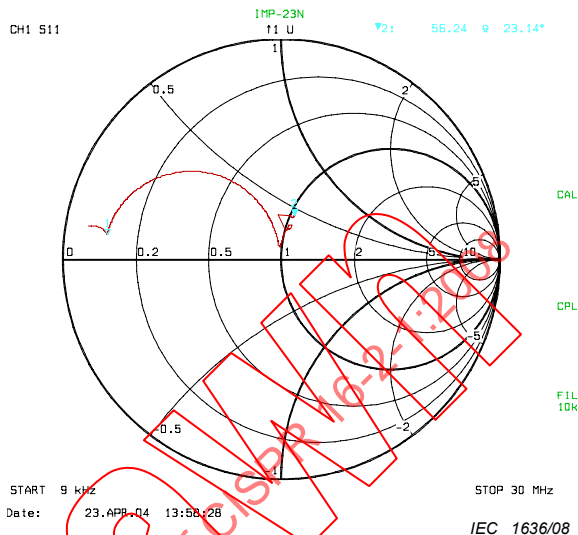


**Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet. (The AMN used has a flat frequency response of the VDF, which may be different for other AMNs)**

The impedance does not differ between cases a and b. Only for case c does the phase show a significant increase at 30 MHz, where the effect on the VDF is in the order of 0,7 dB. The measurement results are shown in Figure E.6.



IEC 1635/08

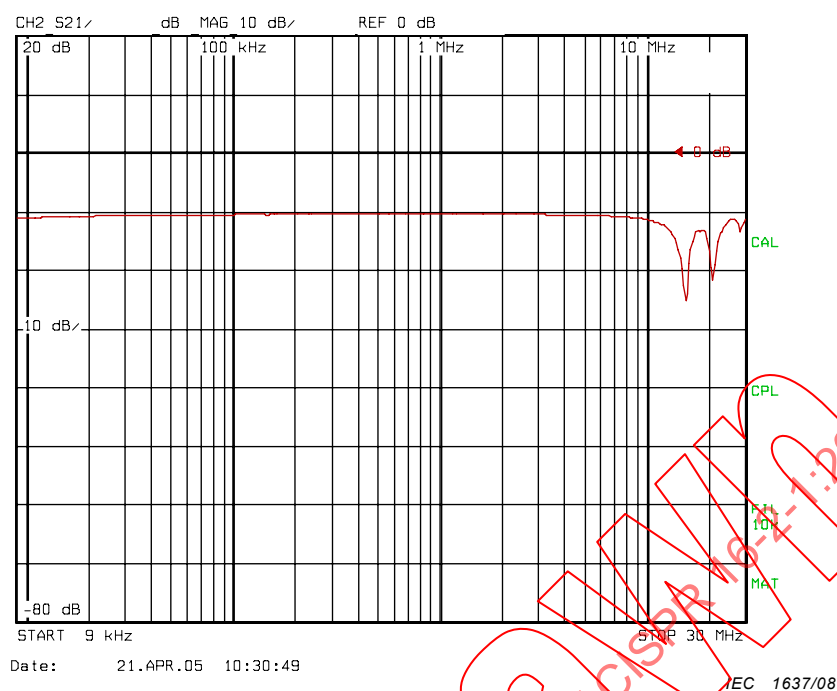


**Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP. The impedance measurement cable ground is connected to the measurement grounding sheet, whereas the inner conductor is connected to the EUT port pin.**

**Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP.**

The phase increase at 30 MHz is due both to the length of the connecting plate and the length of the measurement ground plate. The ideal impedance ends at 50  $\Omega$  (i.e., in the centre of the Smith diagram). Both the impedance and VDF do not show resonances.

In Figure E.7, VDF is shown for a ground connection with resonances as in Figure E.1.



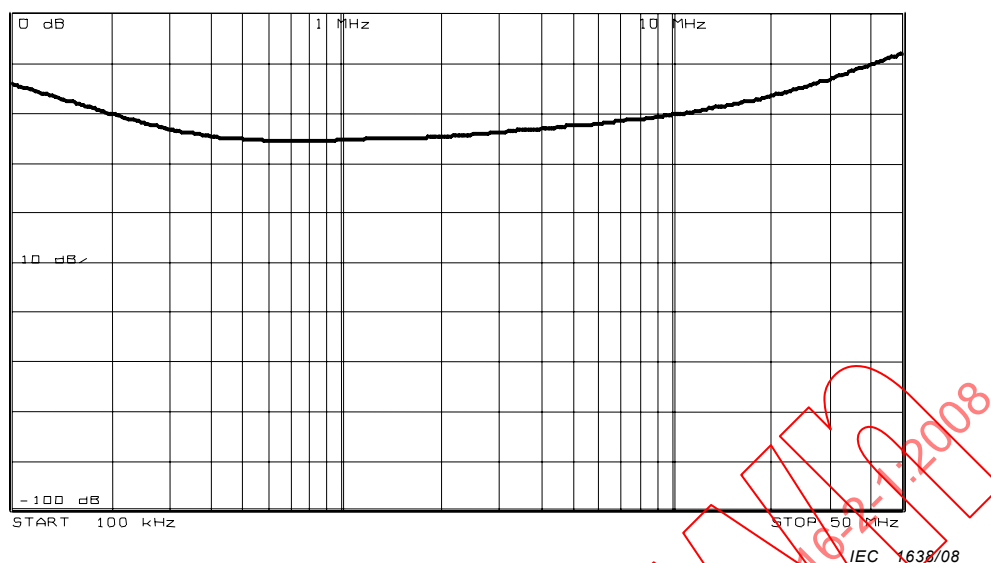
**Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding**

## E.2 PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops

To suppress effects resulting from ground loops, it is recommended that coaxial cables be inductively wound around ferrite rings in order to provide a sheath current absorber.

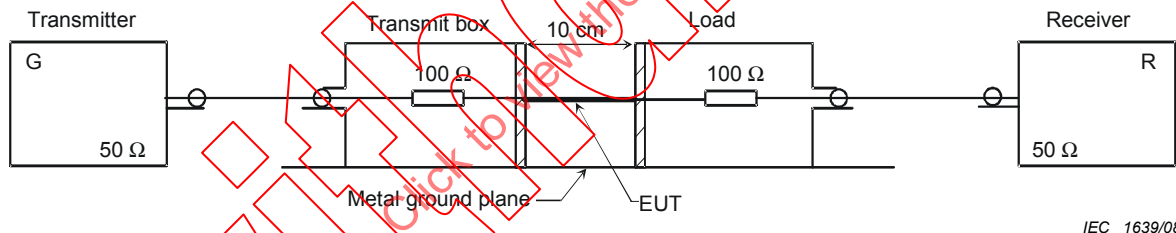
Figure E.8 shows the attenuation of a sheath current absorber with the following characteristics:

|                 |                                           |
|-----------------|-------------------------------------------|
| Material:       | N30; $A_L = 5\,400\text{ nH}$             |
| Size:           | Toroidal core 58 mm by 40 mm by 17 mm     |
| Number of turns | 20 (cable terminated with BNC connectors) |



Attenuation caused by the sheath current absorber made with a toroidal core with 20 turns of cable measured with the test setup given in Figure E.9 (150- $\Omega$  system). An attenuation of 20 dB means that the impedance of the sheath current suppressor is on the order of 1 500  $\Omega$ .

**Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150- $\Omega$  test arrangement**



**Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers**

The measurements can be taken in the test setup of Figure E.9. The EUT is a wire wound around a core as described above, or similar. It may also consist of two such high impedance circuits for the sheath current with a connection to ground in between for high insertion loss. The transmitter and receiver can be replaced by a network analyzer. The resistors in the transmit box and the load box may be replaced by other values for a system with higher or lower impedance. As a reference for the attenuation, the EUT is replaced by a simple wire (as shown above). The measurement arrangement can be replaced by the arrangement used with the SOLT calibration used for the verification of common-mode absorption devices (CMAD, see CISPR 16-1-4 and 4.9 of CISPR 16-3:2003, Amendment 2:2006).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2008

Withd2AM

## Bibliography

IEC/TR 60083:2006, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*

IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

CISPR 11:2003, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electro-magnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 16-4-1:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*

CISPR 16-4-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

CISPR/TR 16-4-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products*

ITU-R Recommendation BS.468-4: *Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting*

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2008

Withdawn

## SOMMAIRE

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                           | 78 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                | 80 |
| 2 Références normatives .....                                                                | 80 |
| 3 Définitions .....                                                                          | 80 |
| 4 Types de perturbations à mesurer .....                                                     | 84 |
| 4.1 Généralités .....                                                                        | 84 |
| 4.2 Types de perturbations .....                                                             | 84 |
| 4.3 Fonctions de détection .....                                                             | 85 |
| 5 Connexion du matériel de mesure .....                                                      | 85 |
| 5.1 Généralités .....                                                                        | 85 |
| 5.2 Connexion de l'équipement d'appoint .....                                                | 85 |
| 5.3 Connexions à la masse de référence RF .....                                              | 85 |
| 5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif d'alimentation (AMN) .....      | 87 |
| 6 Exigences et conditions générales de mesure .....                                          | 88 |
| 6.1 Généralités .....                                                                        | 88 |
| 6.2 Perturbation non produite par le matériel à l'essai .....                                | 88 |
| 6.2.1 Généralités .....                                                                      | 88 |
| 6.2.2 Essais de conformité .....                                                             | 88 |
| 6.3 Mesure d'une perturbation continue .....                                                 | 88 |
| 6.3.1 Perturbation continue à bande étroite .....                                            | 88 |
| 6.3.2 Perturbation continue à large bande .....                                              | 89 |
| 6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage .....                  | 89 |
| 6.4 Conditions de fonctionnement du matériel en essai .....                                  | 89 |
| 6.4.1 Généralités .....                                                                      | 89 |
| 6.4.2 Conditions de charge normales .....                                                    | 89 |
| 6.4.3 Durée de fonctionnement .....                                                          | 89 |
| 6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage .....                                | 89 |
| 6.4.5 Alimentation .....                                                                     | 89 |
| 6.4.6 Mode de fonctionnement .....                                                           | 89 |
| 6.5 Interprétation des résultats de mesure .....                                             | 90 |
| 6.5.1 Perturbations continues .....                                                          | 90 |
| 6.5.2 Perturbations discontinues .....                                                       | 90 |
| 6.5.3 Mesure de la durée des perturbations .....                                             | 90 |
| 6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues .....           | 90 |
| 6.6.1 Généralités .....                                                                      | 90 |
| 6.6.2 Temps de mesure minimaux .....                                                         | 91 |
| 6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre .....      | 91 |
| 6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier .....                       | 92 |
| 6.6.5 Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête ..... | 93 |
| 7 Mesure des perturbations conduites par les câbles, de 9 kHz à 30 MHz .....                 | 97 |
| 7.1 Introduction .....                                                                       | 97 |
| 7.2 Appareils de mesure (récepteurs, etc.) .....                                             | 97 |
| 7.2.1 Généralités .....                                                                      | 97 |
| 7.2.2 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites .....          | 98 |

|       |                                                                                                                              |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3   | Appareils de mesure auxiliaires .....                                                                                        | 98  |
| 7.3.1 | Généralités .....                                                                                                            | 98  |
| 7.3.2 | Réseaux fictifs (AN) .....                                                                                                   | 98  |
| 7.3.3 | Sondes de tension .....                                                                                                      | 99  |
| 7.3.4 | Sondes de courant .....                                                                                                      | 99  |
| 7.4   | Configuration du matériel en essai .....                                                                                     | 99  |
| 7.4.1 | Disposition des matériels en essai et leur connexion au réseau fictif .....                                                  | 99  |
| 7.4.2 | Procédure de mesure des tensions perturbatrices non symétriques avec des réseaux en V (AMN) .....                            | 106 |
| 7.4.3 | Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel .....                                          | 113 |
| 7.4.4 | Mesures au moyen de sondes de tension .....                                                                                  | 114 |
| 7.4.5 | Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP) .....                                                               | 116 |
| 7.4.6 | Mesures au moyen de sondes de courant .....                                                                                  | 117 |
| 7.5   | Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites .....                                              | 117 |
| 7.5.1 | Approche générale des mesures des systèmes .....                                                                             | 117 |
| 7.5.2 | Configuration du système .....                                                                                               | 118 |
| 7.5.3 | Mesure des lignes d'interconnexion .....                                                                                     | 120 |
| 7.5.4 | Découplage des composantes du système .....                                                                                  | 121 |
| 7.6   | Mesure <i>in situ</i> .....                                                                                                  | 121 |
| 7.6.1 | Généralités .....                                                                                                            | 121 |
| 7.6.2 | Masse de référence .....                                                                                                     | 121 |
| 7.6.3 | Mesure au moyen de sondes de tension .....                                                                                   | 122 |
| 7.6.4 | Choix des points de mesure .....                                                                                             | 122 |
| 8     | Mesure automatisée des émissions .....                                                                                       | 123 |
| 8.1   | Introduction: Précautions pour les mesures automatisées .....                                                                | 123 |
| 8.2   | Procédure générale de mesure .....                                                                                           | 123 |
| 8.3   | Mesures par pré-balayage .....                                                                                               | 124 |
| 8.4   | Réduction des données .....                                                                                                  | 125 |
| 8.5   | Maximisation des émissions et mesures finales .....                                                                          | 125 |
| 8.6   | Post-traitement et rapport .....                                                                                             | 125 |
|       | Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif (voir Article 5) .....              | 126 |
|       | Annexe B (informative) Utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage (voir Article 6) .....             | 134 |
|       | Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures en conduction (voir 7.2.2) ..... | 137 |
|       | Annexe D (informative) Durées de mesure et vitesses de balayage utilisables avec un détecteur de valeur moyenne .....        | 139 |
|       | Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration de la configuration d'essai avec ANs .....                     | 143 |
|       | Bibliographie .....                                                                                                          | 148 |

Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF ..... 87

Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue ("Bande étroite") et d'un signal en impulsion ("Large bande") en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum ..... 94

Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle ..... 95

Figure 4 – Spectre large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier ..... 96

|                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 5 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission.....          | 96  |
| Figure 6 – Exemple de configuration d'essai: matériels de table pour mesures des perturbations conduites sur les conducteurs d'alimentation.....                                                                                     | 101 |
| Figure 7 – Montage de matériel en essai et de AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal.....                                                                                                                             | 102 |
| Figure 8 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un câble d'alimentation fixé.....                                                                                                   | 103 |
| Figure 9 – Exemple de configuration d'essai: matériels posés sur le sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.2).....                                                                                                                                 | 104 |
| Figure 10 – Exemple de configuration d'essai: matériels posés sur le sol et sur une table (voir 7.4.1 et 7.5.2.2).....                                                                                                               | 105 |
| Figure 11 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir aussi 7.5.2.2).....                                                                                                                               | 107 |
| Figure 12a – Schéma du circuit de mesure et d'alimentation.....                                                                                                                                                                      | 108 |
| Figure 12b – Circuit équivalent de source de tension et de mesure.....                                                                                                                                                               | 108 |
| Figure 12 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe I (mis à la terre).....                                                                                    | 108 |
| Figure 13a – Schéma du circuit d'alimentation et de mesure.....                                                                                                                                                                      | 109 |
| Figure 13b – Circuit équivalent de source de perturbations radioélectriques et de mesure.....                                                                                                                                        | 109 |
| Figure 13 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe II (non mis à la masse).....                                                                               | 109 |
| Figure 14 – Élément RC pour main artificielle.....                                                                                                                                                                                   | 111 |
| Figure 15 – Perceuse électrique portable avec main artificielle.....                                                                                                                                                                 | 111 |
| Figure 16 – Scie électrique portable avec main artificielle.....                                                                                                                                                                     | 111 |
| Figure 17 – Exemple de mesure pour les sondes de tension.....                                                                                                                                                                        | 115 |
| Figure 18 – Disposition de mesure pour un dispositif de régulation à deux bornes.....                                                                                                                                                | 115 |
| Figure A.1.....                                                                                                                                                                                                                      | 126 |
| Figure A.2.....                                                                                                                                                                                                                      | 127 |
| Figure A.3.....                                                                                                                                                                                                                      | 127 |
| Figure A.4.....                                                                                                                                                                                                                      | 127 |
| Figure A.5.....                                                                                                                                                                                                                      | 128 |
| Figure A.6.....                                                                                                                                                                                                                      | 128 |
| Figure A.7.....                                                                                                                                                                                                                      | 129 |
| Figure A.8 – Configurations du réseau fictif.....                                                                                                                                                                                    | 132 |
| Figure C.1 – Arbre de décision pour l'optimisation de la durée des mesures des perturbations conduites avec les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne.....                                                        | 137 |
| Figure D.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs crêtes (PK) et moyennes avec (CISPR AV) ou sans (AV) lecteur crête; avec un contrôleur de période de 160 ms.....                        | 141 |
| Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs crêtes (PK) et moyennes avec (CISPR AV) ou sans (AV) lecteur crête; avec un contrôleur de période de 100 ms.....                       | 141 |
| Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs crêtes («PK») et moyennes équivalentes à une fonction de largeur d'impulsion, avec un contrôleur de période de 160 ms..... | 142 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion d'1 Hz) pour des détections de valeurs crêtes («PK») et moyennes équivalentes à une fonction de largeur d'impulsion, avec un contrôleur de période de 100 ms .....                                                                                                    | 142 |
| Figure E.1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de connexion de masse .....                                                                                                                                                                                                                           | 143 |
| Figure E.2 – Connexion d'un AMN au plan de masse de référence au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance .....                                                                                                                                                                                    | 144 |
| Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse de face avant et à la tôle de mise à la masse.....                                                                                                                                                                               | 144 |
| Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse de face avant et à la tôle de mise à la masse. (L'AMN utilisé a une réponse plate en fréquence du facteur VDF, qui peut être différente pour d'autres AMN) .....                                                                        | 144 |
| Figure E.5 – Disposition montrant la tôle de masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au plan de masse de référence. La masse du câble de mesure de l'impédance est connectée à la tôle de masse de mesure, tandis que le conducteur interne est connecté à la broche d'accès du matériel en essai. .... | 145 |
| Figure E.6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au plan de masse de référence.....                                                                                                                                                                                                                    | 145 |
| Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la liaison de masse de l'AMN.....                                                                                                                                                                                                                                   | 146 |
| Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 $\Omega$ .....                                                                                                                                                                                                                     | 147 |
| Figure E.9 – Disposition de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine.....                                                                                                                                                                                                                       | 147 |
| Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête .....                                                                                                                                                                                                          | 91  |
| Tableau A.1 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 133 |
| Tableau A.2 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 133 |
| Tableau D.1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz .....                                                                                                                                                                                                               | 140 |
| Tableau D.2 – Contrôleur de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes .....                                                                                                                                                                                                | 141 |

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES**

**SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS  
DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET  
DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –**

**Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité –  
Mesures des perturbations conduites**

**AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale CISPR 16-2-1 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette deuxième édition de la CISPR 16-2-1 annule et remplace la première édition (2003) et son Amendement 1 (2005) et constitue une révision technique.

Cette édition inclut des modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente. De manière générale, cette nouvelle édition a pour objectif de réduire l'incertitude de conformité, en connexion avec les conclusions de la CISPR 16-4-1. Des indications sont fournies sur:

- la connexion sans résonance de l'AMN à la masse de référence,
- la manière d'éviter les boucles de masses, et
- la manière d'éviter les ambiguïtés sur le montage d'essai de l'équipement en essai et de l'AMN par rapport au plan de masse de référence.

De plus, des termes sont clarifiés, un nouveau type d'équipement d'appoint est introduit, et des clarifications en vue de l'utilisation d'AAN et d'AMN sur le même équipement en essai sont fournies.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS             | Rapport de vote |
|------------------|-----------------|
| CISPR/A/798/FDIS | CISPR/A/809/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 2.

Une liste de toutes les parties de la CISPR 16, sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

# SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –

## Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme fondamentale qui spécifie les méthodes de mesure des phénomènes perturbateurs en général, dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 18 GHz et spécialement les perturbations conduites dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz.

### 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 60364-4 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité*

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

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

CISPR 16-1-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations conduites*

CISPR/TR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports* (uniquement disponible en anglais)

Amendement 1:2005

Amendement 2:2006

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie du CISPR 16, les définitions de la CEI 60050-161 s'appliquent, ainsi que les définitions suivantes.

#### 3.1

##### équipement d'appoint

transducteurs (par exemple, sondes de tension et de courant et réseaux fictifs) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur de signal (d'essai) et utilisés dans la transmission du signal perturbateur entre le matériel en essai et le matériel de mesure ou d'essai

**3.2****matériel associé****AE, de l'anglais *Associated Equipment***

matériel nécessaire pour aider au fonctionnement du matériel en essai qui ne fait pas partie du système soumis à essai

**3.3****matériel auxiliaire****AuxEq, de l'anglais *Auxiliary equipment***

périphérique faisant partie du système soumis à essai

**3.4****matériel en essai**

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission)

**3.5****publication de produits**

publication spécifiant des exigences de CEM pour un produit ou une famille de produits et prenant en compte les aspects spécifiques de ce produit ou de cette famille de produits

**3.6****limite d'émission (d'une source perturbatrice)**

valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[VEI 161-03-12]

**3.7****masse de référence**

connexion qui constitue une capacité parasite définie entre un matériel en essai et son environnement et qui est utilisée comme potentiel de référence

NOTE Voir également VEI 161-04-36.

**3.8****émission (électromagnétique)**

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[VEI 161-04-08]

**3.9****câble coaxial**

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un matériel associé et le matériel de mesure ou le générateur d'essai et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert maximale tolérable spécifiée

**3.10****tension (non symétrique) en mode commun**

tension RF entre le point milieu fictif de deux conducteurs d'une ligne et la référence de sol, ou dans le cas d'un faisceau de lignes, la tension perturbatrice RF effective de l'ensemble du faisceau (somme vectorielle de tension non symétriques) par rapport à la référence de sol, mesurée avec une pince (transformateur de courant) pour une impédance de terminaison définie

NOTE Voir également VEI 161-04-09.

**3.11****courant de mode commun**

somme vectorielle des courants traversant deux ou plusieurs conducteurs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

### 3.12

#### **tension (symétrique) en mode différentiel**

tension perturbatrice RF entre les fils d'une ligne à deux conducteurs

[VEI 161-04-08, modifié]

### 3.13

#### **courant en mode différentiel**

demi-différence vectorielle des courants circulant dans deux conducteurs quelconques d'un ensemble spécifié de conducteurs actifs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

### 3.14

#### **tension en mode non symétrique (aux bornes d'un réseau en V)**

tension entre un conducteur ou la borne d'un dispositif, d'un matériel ou d'un système et une référence de sol spécifiée. Dans le cas d'un réseau à deux accès, les deux tensions non symétriques sont données par:

- la somme vectorielle de la tension en mode non symétrique et de la moitié de la tension symétrique; et
- la différence vectorielle entre la tension en mode non symétrique et la moitié de la tension symétrique.

NOTE Voir également VEI 161-04-13.

### 3.15

#### **récepteur de mesure**

récepteur pour la mesure des perturbations équipé de différents détecteurs

NOTE Le récepteur est spécifié conformément à la CISPR 16-1-1.

### 3.16

#### **configuration d'essai**

combinaison qui indique la disposition de mesure spécifiée du matériel en essai et permettant la mesure d'un niveau d'émission

NOTE Le niveau d'émission ou le niveau d'immunité est mesuré conformément aux définitions VEI 161-03-11, VEI 161-03-12, VEI 161-03-14 et VEI 161-03-15.

### 3.17

#### **réseau fictif**

##### **AN**

impédance de charge de référence conventionnelle (simulation) présentée au matériel en essai par les réseaux réels (par exemple lignes longues d'alimentation électrique ou de communication), aux bornes de laquelle on mesure la tension perturbatrice RF

### 3.18

#### **réseau fictif d'alimentation**

##### **AMN**

réseau inséré dans le circuit d'alimentation en énergie électrique d'un matériel en essai, qui fournit, dans une gamme de fréquences donnée, une impédance de charge spécifiée pour mesurer des tensions perturbatrices et qui peut isoler le matériel du réseau d'alimentation aux fréquences de la gamme donnée

[VEI 161-04-05]

NOTE Il existe deux types fondamentaux de réseaux AMN, le réseau en V (AMN en V) qui accouple les tensions non-symétriques, et le réseau en triangle qui accouple séparément les tensions symétriques et non-symétriques. Les termes réseau de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL) et réseau AMN en V sont utilisés indifféremment. Dans la présente norme, l'acronyme «AMN» est utilisé pour les «AMN en V» car les AMN en triangle ne sont pas utilisés dans les publications de produits relatives aux mesures d'émission.

**3.19****pondération (détection quasi-crête)**

conversion, dépendante du taux de répétition, des tensions impulsives de crête en une indication correspondant à la gêne psychophysique des perturbations impulsives (acoustiques ou visuelles), selon les caractéristiques de pondération ou, comme alternative, manière spécifiée par laquelle on évalue un niveau d'émission ou un niveau d'immunité

NOTE 1 Les caractéristiques de pondération sont spécifiées dans la CISPR 16-1-1.

NOTE 2 Le niveau d'émission ou le niveau d'immunité est évalué conformément aux définitions des niveaux de la CEI 60050-161 (voir VEI 161-03-01, VEI 161-03-11 et VEI 161-03-14).

**3.20****perturbation continue**

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection quasi-crête, qui ne décroît pas immédiatement

[VEI 161-02-11, modifié]

NOTE Le récepteur de mesure est spécifié dans la CISPR 16-1-1.

**3.21****perturbation discontinue**

pour les claquements comptés, perturbation de durée inférieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation transitoire sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection quasi-crête

NOTE 1 Pour les perturbations impulsives, voir VEI 161-02-08.

NOTE 2 Le récepteur de mesure est spécifié dans la CISPR 16-1-1.

**3.22****temps de mesure**

$T_m$

temps effectif et cohérent pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique (dans certains domaines, appelé également temps de palier)

- pour le détecteur de crête, le temps effectif pour détecter le maximum de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de quasi-crête, le temps effectif pour mesurer le maximum de l'enveloppe pondérée,
- pour le détecteur de valeur moyenne, le temps effectif pour effectuer la moyenne de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de valeur efficace, le temps effectif pour déterminer la valeur efficace de l'enveloppe du signal

**3.23****balayage (1)**

variation continue de la fréquence dans un intervalle donné de fréquences

**3.24****balayage (2)**

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle donné de fréquences

**3.25****durée de balayage**

$T_s$

temps d'un balayage compris entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée

### 3.26

#### intervalle

$\Delta f$

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage

### 3.27

#### vitesse de balayage

intervalle de fréquence divisé par la durée de balayage

### 3.28

#### nombre de balayages par unité de temps (par exemple, par seconde)

$n_s$

$1/(\text{durée de balayage} + \text{durée du retour})$

### 3.29

#### temps d'observation

$T_o$

somme des temps de mesure  $T_m$  à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples. Si  $n$  est le nombre de balayages, alors  $T_o = n \times T_m$

### 3.30

#### temps d'observation total

$T_{tot}$

temps effectif pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples). Si  $c$  est le nombre de canaux dans un balayage, alors  $T_{tot} = c \times n \times T_m$

## 4 Types de perturbations à mesurer

### 4.1 Généralités

Le présent article décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesure.

### 4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques dépendantes de la distribution spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'estimation et de la mesure des perturbations radioélectriques, on effectue une distinction entre les types de perturbations suivants:

- a) *perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, comme par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM, constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure, par opposition à b);
- b) *perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie spectrale s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure; et
- c) *perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, comme par exemple les thermostats ou programmeurs avec un taux de répétition inférieur à 1 Hz (taux de claquement inférieur à 30/min).

Les spectres de fréquences de b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions

répétées, les deux spectres étant caractérisés par une bande de fréquences plus large que celle du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1-1.

### 4.3 Fonctions de détection

En fonction du type de perturbation, il est possible d'effectuer les mesures au moyen d'un récepteur équipé des détecteurs suivants:

- a) détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour la mesure des perturbations à bande étroite et des signaux, en particulier pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) détecteur de quasi-crête utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) détecteur de crête susceptible d'être utilisé pour la mesure des perturbations soit à large bande, soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1-1.

## 5 Connexion du matériel de mesure

### 5.1 Généralités

Le présent article décrit la connexion du matériel de mesure, des récepteurs de mesure et de l'équipement d'appoint tels que réseaux fictifs (AN) et les sondes de tension et de courant.

### 5.2 Connexion de l'équipement d'appoint

Le câble de connexion entre le récepteur de mesure et l'équipement d'appoint doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure. Le résultat de mesure doit tenir compte de l'atténuation due au câble de connexion.

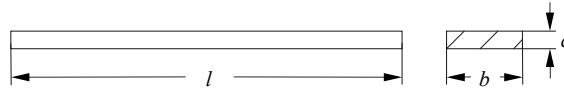
La sortie de l'équipement d'appoint doit être fermée par l'impédance prescrite. Une atténuation minimale de 10 dB entre la sortie de l'AN et l'entrée du récepteur de mesure est exigée pour satisfaire à la tolérance spécifiée de l'impédance de l'AN au niveau de son accès du côté matériel en essai. Cette atténuation peut être intégrée dans l'AN. Pour la protection des circuits d'entrée du récepteur, il est recommandé d'utiliser un limiteur de transitoires. Il doit être conçu pour fournir des signaux ayant un niveau maximal à l'entrée du récepteur sans créer d'effets non linéaires.

### 5.3 Connexions à la masse de référence RF

Le réseau fictif (AN) doit être connecté à la masse de référence par une impédance RF faible, par exemple en reliant directement le boîtier du réseau AN à la masse de référence ou au mur de référence d'une cage de Faraday, ou avec un conducteur de faible impédance aussi court et large que possible en pratique (dont le rapport de la longueur maximale sur la largeur est 3:1 et dont l'inductance est inférieure à environ 50 nH, correspondant à une impédance inférieure à environ 10  $\Omega$  à 30 MHz). Il est recommandé d'effectuer un essai in-situ du facteur de division en tension comme expliqué dans l'Annexe E. Ceci permettra de détecter par exemple une résonance de liaison de masse dans la mise à la masse de l'AN.

NOTE Un conducteur de section rectangulaire (voir dessin ci-après): d'une longueur  $l = 30$  cm, d'une largeur  $b = 3$  cm, d'une épaisseur  $c = 0,02$  cm donnera une inductance  $L$  d'environ 210 nH ( $X_L = 40 \Omega$  à 30 MHz), qui est excessive. La valeur de  $L$  a été calculée en utilisant l'équation ci-dessous:

$$L = 2 \times l \times \left( \ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



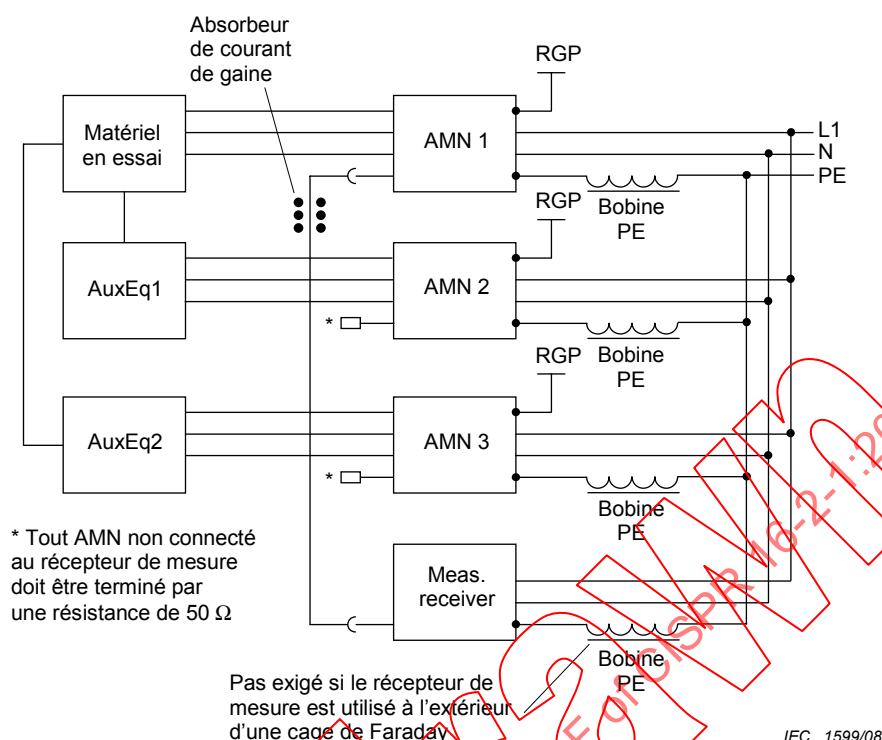
où

$L$  est l'inductance du conducteur en nH

$l, b, c$  sont les dimensions du conducteur en cm

Si une telle longueur ne peut pas être évitée, la largeur doit être aussi grande que possible.

Les mesures de tension aux bornes doivent être uniquement effectuées par rapport à la masse de référence. Les boucles de masse (couplage d'impédance de raccordement) doivent être évitées. Les boucles de masse entraîneront une reproductibilité médiocre des mesures et peuvent par exemple être détectées si les composantes mises à la masse d'un montage d'essai sont sensibles au toucher. Il convient également d'observer ceci pour les matériels de mesure (par exemple récepteurs de mesure et les équipements d'appoint connectés, tels qu'oscilloscopes, analyseurs, enregistreurs, etc.) équipés d'un conducteur de terre de protection (PE) de classe de protection I. Les appareils de mesure doivent être équipés d'une isolation RF de manière à ce que l'AN n'ait qu'une connexion RF à la masse. Ceci peut être obtenu avec des bobines RF et des transformateurs d'isolement ou en alimentant les appareils de mesure avec des batteries. La Figure 1 illustre un exemple de montage d'essai recommandé avec trois réseaux fictifs d'alimentation et des bobines PE permettant d'éviter les boucles de masse. Sur cette figure, le câble de connexion RF entre le récepteur et le réseau fictif d'alimentation peut agir comme liaison de masse si le récepteur est mis à la masse. Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'une bobine PE au niveau de l'entrée d'alimentation du récepteur ou bien, si le récepteur ne se trouve pas dans une cage de Faraday, d'un suppresseur de courant de gaine sur le câble de connexion. Ainsi, chaque réseau fictif d'alimentation est mis à la masse RF une seule fois.



**Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF**

Pour des raisons de sécurité, en cas de défaut, les bobines PE doivent présenter une faible impédance pour la tension d'alimentation à fréquence et tension industrielles. La tension de court circuit aux bornes de la bobine PE doit être inférieure à 4 V. Il est admis que les bobines PE soient intégrées dans le réseau fictif d'alimentation.

Il convient que l'impédance RF des bobines PE et des absorbeurs de courant de gaine dans la gamme de fréquences des mesures soit élevée par rapport à l'impédance de la connexion du réseau fictif d'alimentation au plan de masse de référence (RGP). Les bobines PE disponibles sur le marché ont, par exemple, une inductance de 1,6 mH pour des intensités nominales allant jusqu'à 36 A, mais celles-ci ne sont pas normalisées dans la CISPR 16-1-2. L'atténuation peut être vérifiée conformément à l'Annexe E. Certains réseaux fictifs d'alimentation sont disponibles avec des bobines PE intégrées. Il faut minimiser la différence de potentiel entre PE et RGP pour éviter toute saturation des bobines PE par le courant continu ou à basse fréquence qui en résulte et qui traverse les bobines. Si ce courant n'est pas connu, il peut être mesuré.

NOTE Les courants de gaine sont des courants RF circulant sur l'écran de câbles (par exemple coaxiaux) blindés et sont une source d'incertitude des mesures. Les absorbeurs de courant de gaine ont pour but de réduire ces courants.

Pour le traitement de la connexion PE du matériel en essai à la masse de référence, voir A.4.

Les configurations d'essai fixes de réseaux fictifs d'alimentation ne nécessitent pas de connexion au conducteur de terre de protection si la masse de référence est connectée directement et satisfait aux exigences de sécurité relatives aux conducteurs de terre de protection (connexions PE).

#### 5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif d'alimentation (AMN)

Les grandes lignes concernant le choix des connexions du matériel en essai au réseau AMN, avec ou sans mise à la masse, sont exposées à l'Annexe A.

## 6 Exigences et conditions générales de mesure

### 6.1 Généralités

Dans les limites d'incertitude admises par la CISPR 16-4-2, les mesures de perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendantes de leur emplacement et des conditions environnementales, en particulier du bruit ambiant;
- dénuées d'interactions, c'est-à-dire que la connexion du matériel en essai au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement du matériel en essai ni la précision du matériel de mesure.

Ces exigences sont susceptibles d'être satisfaites si l'on observe les conditions suivantes:

- a) existence d'un rapport signal/bruit suffisant au niveau de mesure souhaité, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- b) définition de l'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement du matériel en essai;
- c) dans le cas de mesure avec une sonde de tension sur le réseau d'alimentation, la sonde doit avoir une tension de 1,5 k $\Omega$ , comme spécifié dans la CISPR 16-1-2; pour des mesures sur d'autres circuits, il est admis qu'il soit nécessaire d'augmenter l'impédance (fournie par exemple par des sondes de tension actives) pour éviter une surcharge excessive des circuits à impédance élevée;
- d) dans le cas de mesures avec une sonde de tension, la sonde doit avoir une impédance dans le circuit de mesure de 1  $\Omega$  maximum, comme spécifié dans la CISPR 16-1-2;
- e) dans le cas de l'utilisation d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à balayage, ses exigences spécifiques de fonctionnement et d'étalonnage doivent faire l'objet d'une attention particulière.

### 6.2 Perturbation non produite par le matériel à l'essai

#### 6.2.1 Généralités

Le rapport signal/bruit de mesure, par rapport au bruit ambiant, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit parasite dépasse le niveau requis, il doit être enregistré dans le rapport d'essai.

#### 6.2.2 Essais de conformité

Un site d'essai doit permettre de distinguer les émissions du matériel en essai du bruit ambiant. Il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 20 dB inférieur à la limite spécifiée. Pour les essais in-situ, il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 6 dB inférieur à la limite spécifiée. Dans le cas des essais in-situ, le bruit d'émission plus le bruit ambiant ne doivent pas dépasser la limite. Si le bruit d'émission plus le bruit ambiant dépassent la limite, on doit prendre d'autres mesures, comme par exemple réduire la largeur de bande, appliquer des dispositions de suppression du bruit ambiant, modifier la fréquence, etc (l'Annexe A de la CISPR 16-2-3:2006 fournit des recommandations pour la mesure des perturbations en présence d'émissions de bruit ambiant). Il est permis de déterminer l'adéquation de l'emplacement pour le niveau ambiant autorisé en effectuant une mesure du niveau de bruit ambiant avec le matériel en essai en place mais hors fonctionnement.

### 6.3 Mesure d'une perturbation continue

#### 6.3.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du récepteur de mesure doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

### **6.3.2 Perturbation continue à large bande**

Pour estimer une perturbation continue à large bande dont le niveau est fluctuant, on doit trouver la valeur maximale reproductible de la mesure. Voir 6.5.1 pour plus de détails.

### **6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage**

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à balayage sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire le temps de mesure. Il faut cependant accorder une attention particulière à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de balayage en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, la précision en amplitude et la détection crête, de valeur moyenne et quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

## **6.4 Conditions de fonctionnement du matériel en essai**

### **6.4.1 Généralités**

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions suivantes:

### **6.4.2 Conditions de charge normales**

Les conditions de charge normales doivent être celles définies dans la spécification de produit correspondant au matériel en essai; pour les matériels en essai qui ne sont pas couverts, elles doivent correspondre aux instructions du fabricant.

### **6.4.3 Durée de fonctionnement**

La durée de fonctionnement (durée pendant laquelle les émissions peuvent être mesurées), dans le cas des matériels en essai à durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage; dans tous les autres cas, il n'y a pas de limite de durée.

### **6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage**

Aucune durée de fonctionnement préalable/de préchauffage particulière n'est spécifiée mais, avant d'effectuer les mesures, le matériel en essai doit avoir fonctionné pendant un temps suffisant pour que ses modes et conditions de fonctionnement (par exemple température de fonctionnement atteinte, chargement du logiciel terminé et matériel en essai prêt à remplir sa fonction prévue) soient représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie normale du matériel. L'expression «durée de fonctionnement préalable» s'applique aux matériels en essai qui comportent des moteurs électriques. Pour certains matériels en essai, il est possible que des conditions d'essai spéciales soient prescrites dans la documentation appropriée des produits.

### **6.4.5 Alimentation**

Le matériel en essai doit être alimenté à sa tension assignée. Les matériels en essai prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale. Les normes de produit peuvent exiger des mesures supplémentaires si, par exemple, les niveaux des perturbations varient de manière importante avec la tension d'alimentation.

### **6.4.6 Mode de fonctionnement**

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions d'utilisation prévues par le fabricant qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

## 6.5 Interprétation des résultats de mesure

### 6.5.1 Perturbations continues

- a) A chaque fréquence à laquelle le niveau de perturbation est proche de la limite et n'est pas stable, la lecture sur le récepteur de mesure est observée pendant au moins 15 s pour chaque mesure; les valeurs lues les plus élevées doivent être enregistrées. Certaines normes de produits permettent l'exclusion de claquements isolés, qui doivent être ignorés (voir la CISPR 14-1).
- b) Si le niveau général de perturbations n'est pas stable mais présente une augmentation ou une diminution continue supérieure à 2 dB pendant une période de 15 s, alors les niveaux de tension perturbatrice doivent être observés pendant une période plus longue et doivent être interprétés en fonction des conditions normales d'utilisation du matériel en essai, comme suit:
  - 1) si le matériel en essai est susceptible d'être allumé ou éteint fréquemment ou si le sens de la rotation peut être inversé, il convient alors, à chaque fréquence de mesure, d'allumer ou d'inverser le matériel en essai juste avant chaque mesure, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximal obtenu durant la première minute, à chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;
  - 2) si le matériel en essai est habituellement utilisé pendant des durées supérieures, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai; on doit enregistrer, à chaque fréquence, le niveau de perturbations mais seulement après avoir obtenu une lecture stable (soumise aux dispositions du point a).
- c) Si la nature des perturbations du matériel en essai passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, le matériel en essai doit alors être soumis à des essais conformément au point b).
- d) Les mesures sont effectuées sur le spectre complet et enregistrées au moins à la fréquence qui offre la lecture la plus grande, comme requis dans la publication CISPR appropriée.

### 6.5.2 Perturbations discontinues

La mesure des perturbations discontinues peut être effectuée à un nombre restreint de fréquences. Pour plus de détails, voir la CISPR 14-1.

### 6.5.3 Mesure de la durée des perturbations

Pour une mesure correcte des perturbations et pour décider si ces perturbations sont discontinues, leur durée doit être connue et par conséquent, il est possible qu'il faille la mesurer. Le matériel en essai est connecté à l'AN approprié. Si le récepteur de mesure est disponible, il est connecté au réseau et un oscilloscope est connecté à la sortie en fréquence intermédiaire du récepteur de mesure. Il est également possible d'utiliser la fonction « intervalle nul » ou la fonction « analyse temporelle » d'un récepteur de mesure (voir la Figure 3). S'il n'y a pas de récepteur disponible, l'oscilloscope est directement connecté au réseau. La base de temps de l'oscilloscope peut être déclenchée par les perturbations à mesurer; la vitesse de la base de temps est choisie entre 1 ms/div et 10 ms/div pour les matériels en essai à commutation instantanée et entre 10 ms/div et 200 ms/div pour les autres matériels en essai. La durée de la perturbation peut être enregistrée directement par un oscilloscope numérique, et/ou par copie d'écran.

## 6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues

### 6.6.1 Généralités

Pour les mesures manuelles, automatiques ou semi-automatiques, les temps de mesure et les vitesses de balayage des récepteurs de mesure et des récepteurs à balayage doivent être réglés afin de mesurer les émissions maximales. Plus spécialement, lorsqu'un détecteur de crête est utilisé pour un pré-balayage, les temps de mesure et les vitesses de balayage doivent prendre en compte le rythme de l'émission à mesurer. On peut trouver à l'Article 8 des informations plus détaillées sur l'exécution des mesures automatiques.

### 6.6.2 Temps de mesure minimaux

Le Paragraphe B.7 de la présente norme donne un tableau des durées de balayage minimales nécessaires pour réaliser les mesures sur la gamme de fréquence indiquée. A partir de ce tableau, on a déduit les durées de balayage minimales pour effectuer les mesures dans la bande CISPR complète:

**Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête**

| Bande de fréquences |                    | Durée de balayage $T_s$ pour une détection de crête | Durée de balayage $T_s$ pour une détection de quasi-crête |
|---------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| A                   | 9 kHz – 150 kHz    | 14,1 s                                              | 2 820 s = 47 min                                          |
| B                   | 0,15 MHz – 30 MHz  | 2,985 s                                             | 5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min                           |
| C/D                 | 30 MHz – 1 000 MHz | 0,97 s                                              | 19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min                         |

Les durées de balayage du Tableau 1 s'appliquent pour des signaux en onde entretenue. En fonction du type de perturbation, on peut avoir à augmenter la durée de balayage, notamment pour des mesures quasi-crête par balayage. Dans des cas extrêmes, il peut être nécessaire d'augmenter à 15 s le temps de mesure  $T_m$  à une certaine fréquence, si le niveau de l'émission observée n'est pas stable (voir 6.5.1 ci-dessus).

On peut trouver à l'Annexe D les durées de mesure et les vitesses de balayage utilisables avec un détecteur de valeur moyenne.

La plupart des normes de produits font appel à la détection quasi-crête pour les mesures de conformité, ce qui prend beaucoup de temps si aucune procédure de réduction du temps de mesure n'est appliquée (voir l'Article 8). Avant qu'une procédure de réduction du temps de mesure ne soit appliquée, l'émission doit être détectée par un pré-balayage. Afin d'éviter que, par exemple, des signaux intermittents ne soient oubliés pendant un balayage automatique, il est nécessaire de prendre en compte les considérations de 6.6.3 à 6.6.5.

### 6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre

Il est nécessaire qu'une des deux conditions suivantes soit remplie pour s'assurer que des signaux ne sont pas oubliés pendant le balayage automatique sur les intervalles de fréquences:

- pour un balayage unique: la durée de mesure à chaque fréquence doit être supérieure aux intervalles entre les impulsions pour les signaux intermittents;
- pour des balayages multiples avec maintien du maximum: il convient que la durée d'observation à chaque fréquence soit suffisante pour intercepter des signaux intermittents.

La vitesse de balayage en fréquences est limitée par la largeur de bande de résolution de l'instrument et les réglages de la largeur de bande vidéo. Si la vitesse de balayage choisie est trop rapide pour un état donné de l'instrument, on obtiendra des résultats de mesure erronés. En conséquence, il est nécessaire de choisir une durée de balayage suffisamment longue, comme définie ci-après, pour l'intervalle de fréquences considéré. Les signaux intermittents peuvent être interceptés soit par un simple balayage avec une durée d'observation suffisamment longue à chaque fréquence, soit par des balayages multiples avec maintien du maximum. Généralement pour une vue d'ensemble d'émissions inconnues, la seconde solution sera particulièrement efficace: tant que l'affichage du spectre se modifie, il peut exister encore des signaux intermittents à découvrir. La durée d'observation doit être choisie en fonction de la périodicité à laquelle les signaux perturbateurs apparaissent. Dans certains cas, une modification de la vitesse de balayage peut s'avérer nécessaire pour éviter des effets de synchronisation.

Lorsque l'on détermine la durée de balayage minimale pour les mesures avec un analyseur de spectre ou un récepteur de perturbations électromagnétiques à balayage, sur la base d'un réglage donné de l'instrument et en utilisant une détection de crête, on doit considérer deux différents cas. Si la largeur de bande vidéo choisie est **plus large** que la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée de balayage minimale:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}})^2 \quad (1)$$

où

$T_{s \min}$  est la durée de balayage minimale

$\Delta f$  est l'intervalle de fréquences

$B_{\text{res}}$  est la largeur de bande de résolution

$k$  est la constante de proportionnalité, relative à la forme du filtre de résolution; cette constante a une valeur estimée entre 2 et 3 pour des filtres pratiquement gaussiens, à accord synchrone. Pour des filtres pratiquement rectangulaires, à accord décalé,  $k$  a une valeur entre 10 et 15.

NOTE Des valeurs réelles de  $k$  sont disponibles auprès des fabricants. Les valeurs réelles sont normalement prises en compte en mode couplé du microprogramme du récepteur ou de l'analyseur de spectre.

Si la largeur de bande vidéo choisie doit être inférieure ou égale à la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée de balayage minimale:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) \quad (2)$$

où  $B_{\text{video}}$  est la largeur de bande vidéo.

La plupart des analyseurs de spectre et des récepteurs de perturbations électromagnétiques à balayage règlent automatiquement la durée de balayage en fonction de l'intervalle de fréquences choisi et des réglages de largeurs de bande. La durée de balayage est réglée pour maintenir un affichage étalonné. La sélection automatique de la durée de balayage peut être annulée si des temps d'observation plus longs sont nécessaires, par exemple pour intercepter des signaux à variation lente.

De plus, pour les balayages répétitifs, le nombre de balayages par seconde est déterminé par la durée de balayage  $T_{s \min}$  et la durée de retour (temps nécessaire pour faire revenir l'oscillateur local et pour enregistrer les résultats de mesure, etc.).

#### 6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier

Les récepteurs de perturbations électromagnétiques à accord par palier sont accordés successivement sur des fréquences ponctuelles en utilisant des largeurs de pas pré-définies. Tout en couvrant la gamme des fréquences concernées par légers incréments de fréquence, une durée minimale de maintien à chaque fréquence est nécessaire pour que l'instrument mesure de façon précise le signal d'entrée.

Pour la mesure réelle, il est nécessaire d'avoir un pas de fréquence d'environ 50 % ou moins de la largeur de bande de résolution utilisée (en fonction de la forme du filtre de résolution), pour réduire les incertitudes de mesure dues à la largeur du pas pour les signaux à bande étroite. Avec ces hypothèses, la durée de balayage  $T_{s \min}$  pour un récepteur à accord par palier peut être calculée en utilisant l'équation ci-dessous:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \Delta f / (B_{\text{res}} \times 0,5) \quad (3)$$

où  $T_{m \min}$  est le temps minimal de mesure (de maintien) à chaque fréquence

En plus du temps de mesure, on doit prendre en compte le temps nécessaire au synthétiseur pour passer à la fréquence suivante et pour le logiciel d'enregistrer le résultat de mesure, ce qui est réalisé automatiquement dans la plupart des récepteurs de telle sorte que la durée de mesure choisie soit la durée réelle pour obtenir le résultat de mesure. De plus, le détecteur choisi, par exemple crête ou quasi-crête, détermine également cette durée.

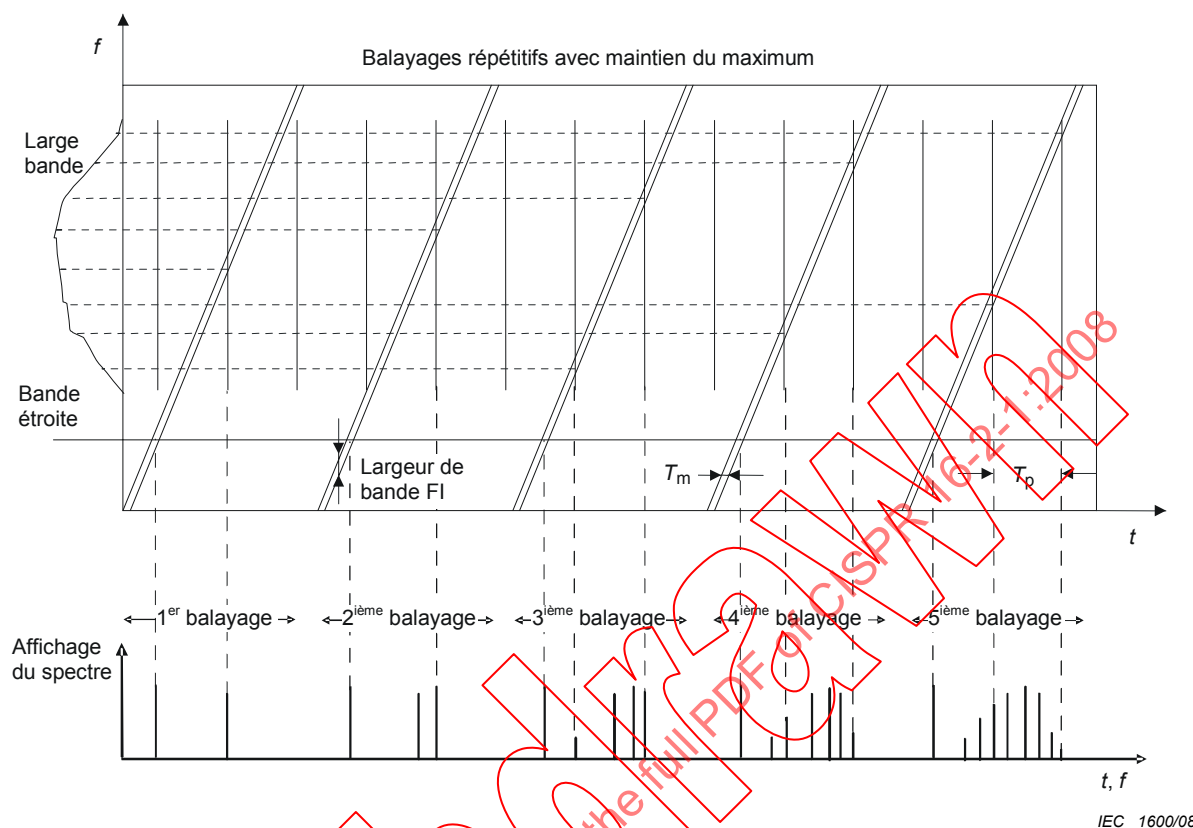
Pour des émissions purement à large bande, on peut augmenter le pas de fréquence. Dans ce cas l'objectif est de déterminer uniquement les valeurs maximales du spectre d'émission.

#### **6.6.5 Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête**

Pour chaque mesure par pré-balayage, la probabilité d'intercepter toutes les composantes spectrales critiques du spectre du matériel en essai doit être aussi proche que possible de 100 %. En fonction du type de récepteur de mesure et des caractéristiques de la perturbation, qui peut contenir des éléments à bande étroite et à large bande, deux approches générales sont proposées:

- balayage par pas: la durée (de maintien) de mesure doit être assez longue à chaque fréquence pour mesurer la crête du signal, par exemple pour un signal impulsif, il convient que la durée (de maintien) de mesure soit supérieure à l'inverse de la fréquence de répétition du signal.
- balayage continu: il faut que la durée de mesure soit supérieure aux intervalles entre les signaux intermittents (balayage unique) et le nombre de balayages en fréquence pendant la durée d'observation doit être rendu maximal pour augmenter la probabilité d'interception du signal.

Les Figures 2, 3, 4 et 5 montrent des exemples de la relation entre différents spectres d'émission variant dans le temps et les affichages correspondants sur le récepteur de mesure. Dans les cas des Figures 2, 4 et 5, la partie supérieure de la figure montre la position de la largeur de bande du récepteur selon qu'il balaye le spectre en continu ou par pas.



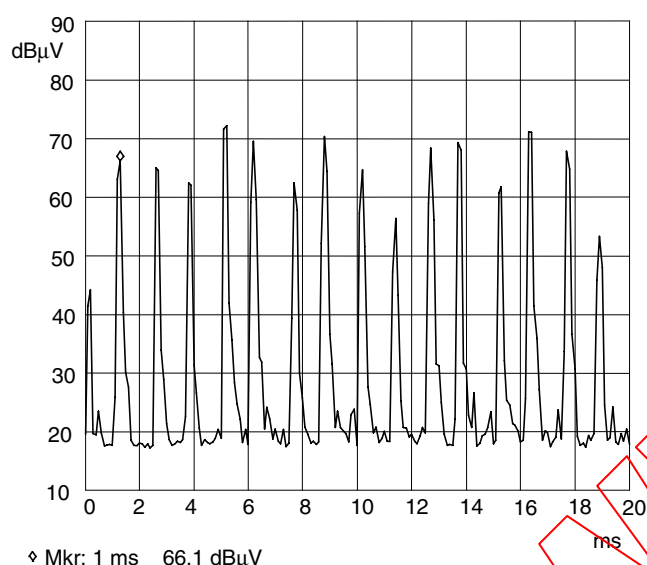
IEC 1600/08

$T_p$  est l'intervalle de répétition de l'impulsion d'un signal en impulsion. Une impulsion se produit à chaque ligne verticale en fonction de l'échelle de temps de l'affichage (partie supérieure de la figure).

**Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue ("Bande étroite") et d'un signal en impulsion ("Large bande") en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum**

Si le type d'émission est inconnu, des balayages multiples avec une durée de balayage aussi courte que possible et une détection de crête permettent de déterminer l'enveloppe du spectre. Un balayage unique court est suffisant pour mesurer le contenu d'un signal à bande étroite permanent dans le spectre d'un matériel en essai. Pour les signaux permanents à large bande et les signaux intermittents à bande étroite, des balayages multiples à différentes vitesses de balayage utilisant la fonction «maintien du maximum» peuvent être nécessaires pour déterminer l'enveloppe du spectre. Pour des signaux en impulsion à faible répétition, il est nécessaire d'effectuer de nombreux balayages pour remplir l'enveloppe du spectre de la composante à large bande.

La réduction de la durée de mesure exige une analyse temporelle des signaux à mesurer. Ceci peut être effectué soit avec un récepteur de mesure qui fournit un affichage graphique du signal, utilisé en mode intervalle nul ou en utilisant un oscilloscope branché à la sortie f.i. ou vidéo du récepteur comme cela est illustré par exemple à la Figure 3.



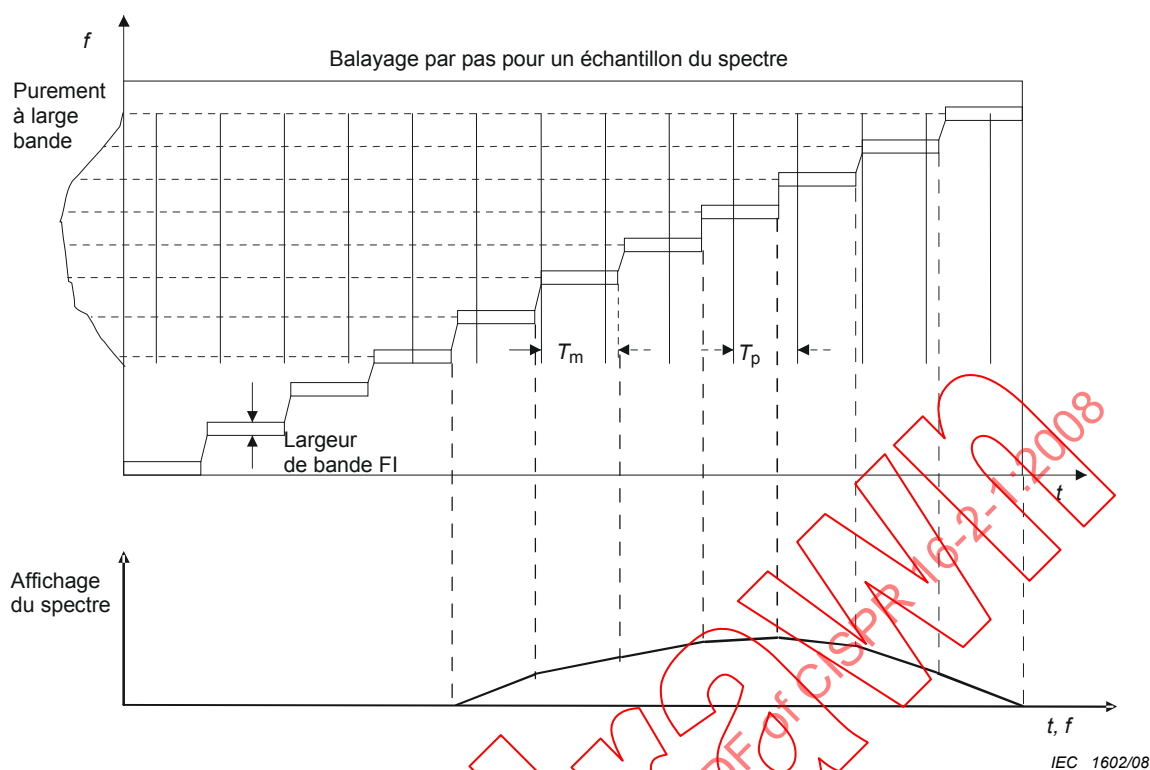
Perturbation d'un collecteur de moteur à courant continu. Compte tenu du nombre de segments du collecteur, la fréquence de répétition des impulsions est élevée (environ 800 Hz) et l'amplitude des impulsions varie fortement. En conséquence, pour cet exemple, la durée (de maintien) de mesure recommandée avec un détecteur de crête est supérieure à 10 ms.

**Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle**

De cette façon, les durées des impulsions et leurs fréquences de répétition peuvent être déterminées et les vitesses de balayage ou les durées de maintien choisies en conséquence :

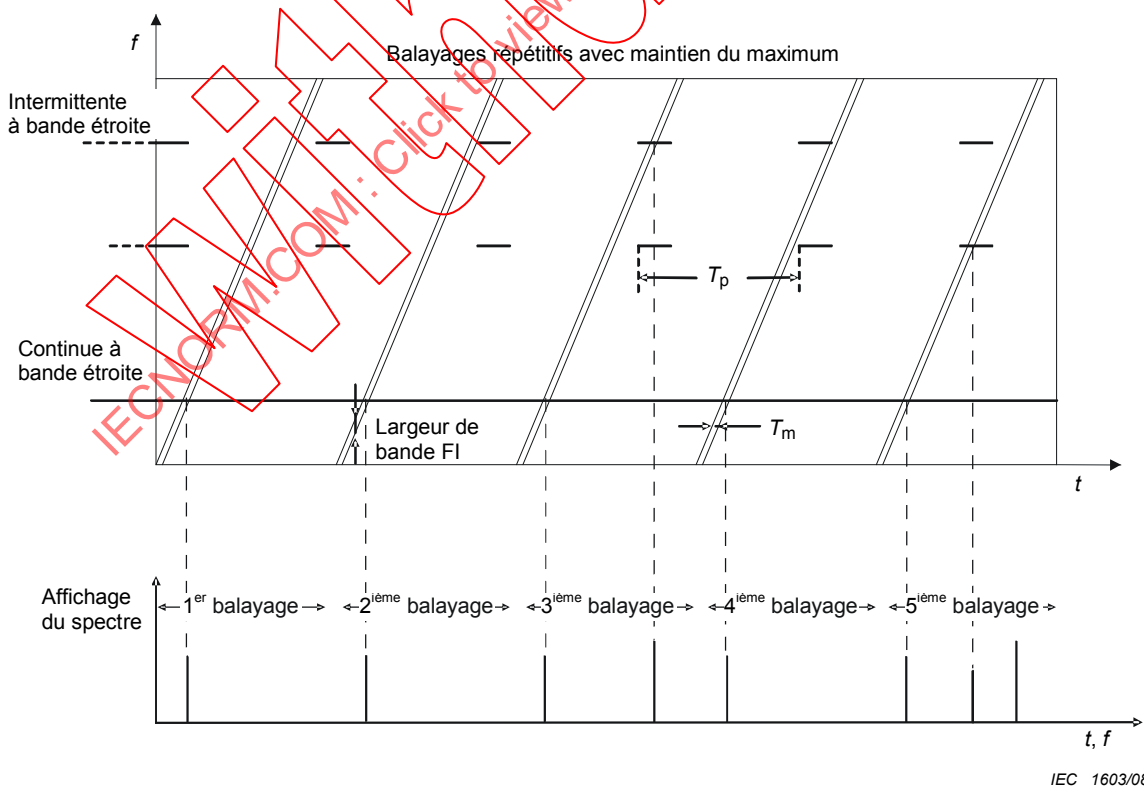
- pour les perturbations **continues non modulées à bande étroite**, la durée de balayage la plus courte possible pour les réglages choisis de l'instrument peut être utilisée;
- pour les perturbations **purement continues à large bande**, par exemple pour un moteur à allumage commandé, pour des appareils de soudage à l'arc et pour des moteurs à collecteur, un balayage par pas (avec une détection de crête ou même de quasi-crête) peut être utilisé pour un échantillonnage du spectre d'émission. Dans ce cas, la connaissance du type de perturbation est utilisée pour dessiner une courbe polygone représentant l'enveloppe du spectre (voir Figure 4). La largeur du pas doit être choisie de sorte qu'aucune variation significative de l'enveloppe du spectre ne soit oubliée. Une mesure par balayage unique, si elle est effectuée suffisamment lentement, donne également l'enveloppe du spectre;
- pour les perturbations **intermittentes à bande étroite** de fréquences inconnues, on peut utiliser soit des balayages courts et rapides avec la fonction «maintien du maximum» (voir Figure 5) soit un seul balayage lent. Une analyse temporelle peut être nécessaire avant la mesure réelle pour s'assurer d'une interception correcte du signal.

**Les perturbations intermittentes à large bande** doivent être mesurées avec un analyseur de perturbations conforme à la CISPR 16-1-1. Pour les explications concernant les procédures de mesures liées, voir la CISPR 14-1.



Il convient que la durée (de maintien) de mesure  $T_m$  soit supérieure à l'intervalle de répétition des impulsions  $T_p$ , qui est l'inverse de la fréquence de répétition des impulsions.

**Figure 4 – Spectre large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier**



**Figure 5 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission**

NOTE Dans l'exemple ci-dessus, 5 balayages sont nécessaires pour faire apparaître toutes les composantes spectrales. Il peut être nécessaire d'augmenter le nombre de balayages nécessaires ou la durée de balayage, en fonction de la durée des impulsions ou de leur intervalle de répétition.

## 7 Mesure des perturbations conduites par les câbles, de 9 kHz à 30 MHz

### 7.1 Introduction

Lors des essais de conformité aux limites d'émission de perturbations électromagnétiques conduites le long de câbles, les points suivants doivent être considérés comme un minimum, à la fois en situation normalisée (essais de type) et sur le lieu de l'installation (essais *in situ*):

a) *types de perturbations*: il existe deux méthodes de mesure des perturbations conduites, soit en tant que tension (méthode la plus répandue pour les mesures CISPR) soit en tant que courant. Les deux méthodes peuvent être utilisées pour mesurer les trois types de perturbations conduites, c'est-à-dire:

- mode commun (également appelé mode non symétrique, c'est-à-dire la somme vectorielle des tensions/intensités dans un faisceau ou dans un ensemble de fils) ;
- mode différentiel (également appelé mode symétrique) ;
- mode non symétrique (tension entre une borne et la masse de référence).

NOTE La tension en mode non symétrique est principalement mesurée au niveau de l'accès d'alimentation. La tension (ou le courant) en mode commun est principalement mesurée aux accès de télécommunication, de transmission et de commande.

b) *appareils de mesure*: le type d'appareil de mesure est choisi en fonction des propriétés de perturbation à déterminer (voir 7.2);

c) *équipement d'appoint*: le type d'équipement d'appoint, c'est-à-dire réseaux fictifs, sondes de courant ou sondes de tension, est choisi en fonction du type de perturbations à mesurer selon 7.1 a). Chaque type d'équipement d'appoint présente une charge RF aux signaux et accès mesurés (voir 7.3);

d) *conditions de charge RF de la source de perturbation*: le montage d'essai présente certaines impédances de charge RF à la/aux source(s) de perturbations dans le matériel en essai. Ces impédances sont normalisées pour les essais de type ou sont susceptibles de dépendre des conditions sur le lieu de l'installation dans le cas d'essais *in situ* (voir 7.3 et 7.4);

e) *configuration du matériel en essai*: une configuration d'essai normalisée doit spécifier, sans aucune ambiguïté, la masse de référence, la position du matériel en essai et l'appareil de mesure auxiliaire par rapport à cette masse de référence, les connexions à cette masse de référence et les interconnexions du matériel en essai avec des matériels associés (voir 7.4 et 7.5).

### 7.2 Appareils de mesure (récepteurs, etc.)

#### 7.2.1 Généralités

En général, on distingue les perturbations continues des perturbations discontinues. Les perturbations radioélectriques continues se mesurent principalement dans le domaine des fréquences. Les perturbations discontinues sont également mesurées dans le domaine des fréquences, mais elles peuvent nécessiter des mesures supplémentaires dans le domaine temporel.

Les récepteurs de mesure et autres appareils de mesure spécifiés dans la CISPR 16-1-1 doivent être utilisés. Pour les mesures dans le domaine temporel, il est possible d'utiliser des oscilloscopes, etc.

## 7.2.2 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites

La CISPR 16-1-1 spécifie les caractéristiques des détecteurs qui sont nécessaires pour effectuer les mesures conformément aux spécifications de produits. Plusieurs de ces spécifications de produits nécessitent d'utiliser deux détecteurs, de quasi-crête et de valeur moyenne, pour les mesures de perturbations conduites. Les constantes de temps de ces deux détecteurs sont très longues et entraînent des durées importantes dans le cas de mesures automatiques.

On peut utiliser un détecteur de crête, avec des constantes de temps plus faibles, pour effectuer des mesures initiales et pour déterminer la conformité à une limite. Mais si les niveaux de perturbation mesurés sont supérieurs à une limite, on doit effectuer les mesures avec les détecteurs de quasi-crête et de valeur moyenne.

L'Annexe C fournit des indications pour effectuer ces mesures de façon efficace.

## 7.3 Appareils de mesure auxiliaires

### 7.3.1 Généralités

Les appareils de mesure auxiliaires pour la mesure des perturbations conduites se divisent en deux catégories:

- a) capteurs de mesure de tension, tels que réseaux fictifs (AN) et sondes de tension;

NOTE Le réseau fictif est parfois appelé réseau de stabilisation d'impédance (RSI). Ce terme s'applique aux AN pour les mesures d'émission sur les accès de télécommunications (c'est-à-dire les AAN et les réseaux en Y) dans la CISPR 22.

- b) capteurs de mesure de courant, tels que sondes de courant.

### 7.3.2 Réseaux fictifs (AN)

#### 7.3.2.1 Généralités

Les impédances en mode commun, différentiel et non symétrique des réseaux réels, tels que les réseaux d'alimentation et de télécommunications, dépendent de la localisation et varient en général en fonction du temps. Par conséquent, les essais de type de perturbations nécessitent la présence de réseaux de simulation d'impédance normalisés, appelés réseaux fictifs (AN). L'AN fournit des impédances de charge RF normalisées au matériel en essai. A cette fin, l'AN est inséré en série avec les bornes du matériel en essai et le réseau réel ou le simulateur de signal. De cette manière, l'AN simule les réseaux étendus (lignes longues) avec les impédances définies.

#### 7.3.2.2 Types de réseaux fictifs

Les réseaux fictifs spécifiés dans la CISPR 16-1-2 doivent être utilisés, à moins que des raisons spécifiques n'exigent une autre construction. En général, on peut distinguer trois types de réseaux fictifs:

- a) *le réseau fictif de type en V* (en général utilisé comme AMN en V ou RSIL): dans une gamme de fréquences définie, les impédances RF entre chacune des bornes du matériel en essai à mesurer et la masse de référence ont une valeur définie, alors qu'aucune impédance n'est directement connectée entre ces bornes. Cette construction définit (indirectement) la mesure de la somme vectorielle de la tension, à la fois en mode différentiel et en mode commun. En principe, le nombre de bornes du matériel en essai, c'est-à-dire le nombre de lignes à mesurer par les réseaux fictifs de type en V, n'est pas limité;
- b) *le réseau fictif de type triangle* (non utilisé en réalité dans les publications de produits mais pourrait être utilisé comme AMN  $\Delta$  pour les lignes électriques ou comme réseau  $\Delta$  pour des lignes de transmission): dans une gamme de fréquences définie, l'impédance RF entre deux bornes à mesurer du matériel en essai et entre ces bornes et la masse de

référence a des valeurs définies. Cette construction définit directement les impédances de charge RF, à la fois en mode différentiel et en mode commun. L'ajout d'un transformateur symétrique/non symétrique permet de mesurer la tension perturbatrice symétrique et non symétrique;

- c) *le réseau fictif en Y* (également appelé réseau fictif non symétrique (AAN ou RSI)): dans une gamme de fréquences définie, l'impédance de charge RF en mode commun entre deux bornes à mesurer du matériel en essai et une masse de référence a une valeur définie. En général, aucune impédance de charge différentielle définie en tant que telle n'est incluse dans un réseau fictif en Y. Il faut alors que l'impédance différentielle définie soit fournie par le circuit externe connecté aux bornes d'alimentation du réseau fictif en Y. Ce type de réseau fictif est utilisé uniquement pour la mesure des tensions perturbatrices en mode commun.

### 7.3.3 Sondes de tension

Pour les sondes de tension normalisées, voir CISPR 16-1-2.

Les tensions perturbatrices aux bornes, qui ne sont pas mesurées par un réseau fictif, peuvent l'être par une sonde de tension. Les bornes de cette sorte sont par exemple les connecteurs d'antenne, les lignes de commande, les lignes de transmission et les lignes de charge. En général, la sonde de tension est utilisée pour la mesure de la tension perturbatrice non symétrique. La sonde présente une impédance RF élevée entre la borne à mesurer et la masse de référence.

La sonde de tension capacitive (CVP) est utilisée pour mesurer la tension non symétrique (de mode commun) d'un nombre donné de conducteurs sans contact direct. Elle est conçue de façon à pouvoir être fixée autour des conducteurs à mesurer. La fixation de la sonde CVP autour d'un conducteur particulier permet de mesurer la tension perturbatrice non symétrique.

### 7.3.4 Sondes de courant

Les sondes de courant ou transformateurs de courant permettent de mesurer les trois types de courant perturbateurs (voir 7.1 et CISPR 16-1-2) sur les cordons d'alimentation, les lignes de transmission, les lignes de charge, etc. Une sonde construite comme une pince facilite l'utilisation.

Le courant en mode commun circulant dans les conducteurs se mesure lorsque la sonde de courant entoure ces câbles, quel que soit le nombre de fils. Dans cette situation, les courants en mode différentiel circulant dans les conducteurs entraîneront des signaux d'intensité égale mais de signe opposé qui s'annulent presque totalement. Cet effet permet de mesurer un courant en mode commun de faible amplitude en présence de courants (de fonctionnement) en mode différentiel de forte amplitude.

Pour les sondes de courant déjà définies (et normalisées), voir la CISPR 16-1-2.

## 7.4 Configuration du matériel en essai

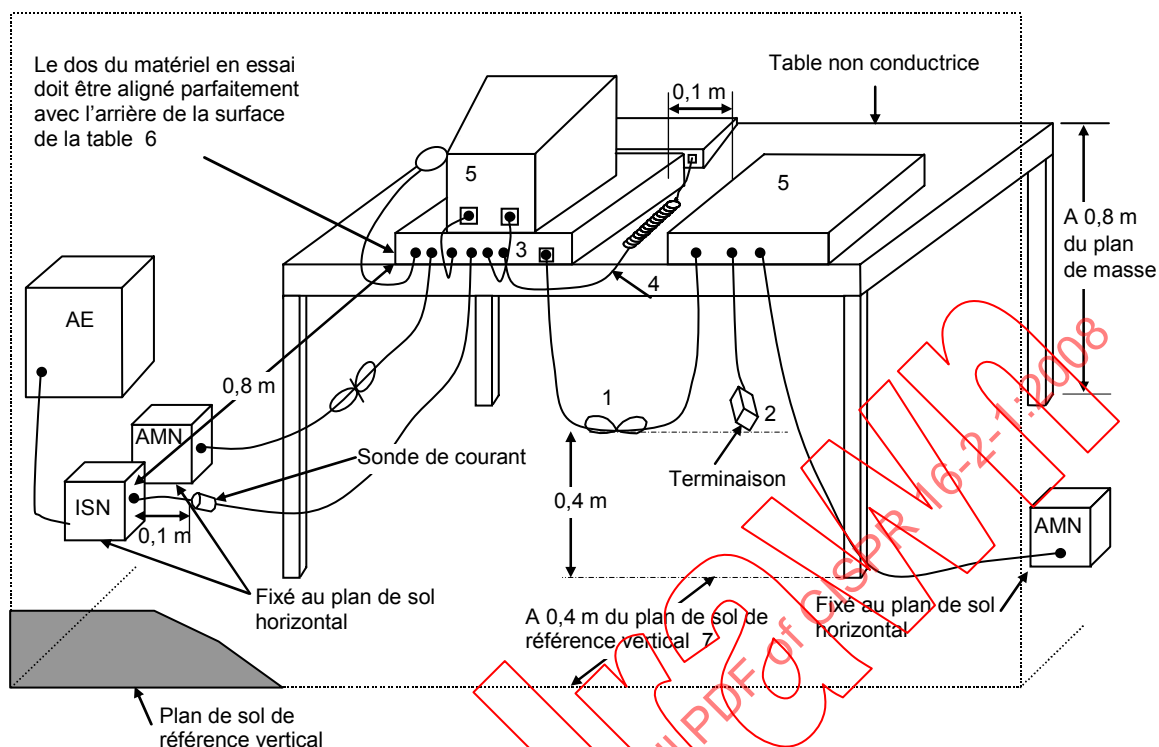
### 7.4.1 Disposition des matériels en essai et leur connexion au réseau fictif

Pour mesurer la tension perturbatrice, le matériel en essai est connecté au réseau d'alimentation électrique, et à tout autre réseau de grande dimension, par le biais d'un ou de plusieurs AN (en général, le réseau en V est ici utilisé comme un AMN pour l'accès d'alimentation, voir Figure 6), conformément aux exigences suivantes. D'autres publications de produits du CISPR fournissent des détails supplémentaires pour des matériels en essai particuliers.

Un matériel en essai, qu'il soit ou non destiné à être relié à la terre, qui est amené à être utilisé sur une table, est configuré de la manière suivante:

- la base ou la partie arrière du matériel en essai doit être située à une distance contrôlée de 40 cm par rapport à un plan de masse de référence. Ce plan de masse est normalement représenté par la cloison ou le sol d'une pièce blindée. Il peut s'agir également d'un plan métallique relié à la masse, d'au moins 2 m sur 2 m. Concrètement, on le réalise comme suit:
  - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur minimale de 80 cm. Placer le matériel en essai de façon à ce qu'il soit situé à 40 cm de la cloison de la pièce blindée, ou
  - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur de 40 cm de façon à ce que le matériel en essai soit situé 40 cm au-dessus du plan de masse;
- toutes les autres surfaces conductrices du matériel en essai doivent être situées à plus de 40 cm du plan de masse de référence;
- les réseaux fictifs sont placés sur le sol comme indiqué à la Figure 6, de façon qu'un côté des boîtiers AN soit situé à 40 cm du plan de masse de référence vertical et d'autres pièces métalliques. Les réseaux en V (AMN) et les réseaux en Y (RSI) sont illustrés en Figure 6 et Figure 7;
- les câbles de connexions du matériel en essai doivent être conformes aux indications de la Figure 6;
- la configuration d'essai facultative pour le matériel en essai sur table avec un seul cordon d'alimentation raccordé est présentée à la Figure 8.

NOTE La configuration de la Figure 8 peut causer une ambiguïté due au fait qu'avec certains matériels en essai, la source de perturbation métallique n'est pas au centre du boîtier non métallique (voir CISPR 16-4-1).

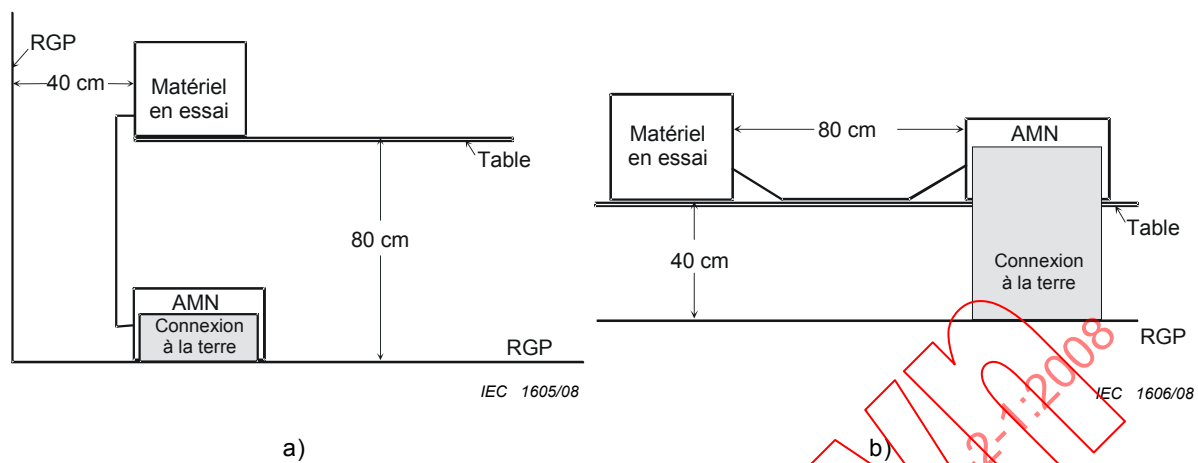


IFC 1604/08

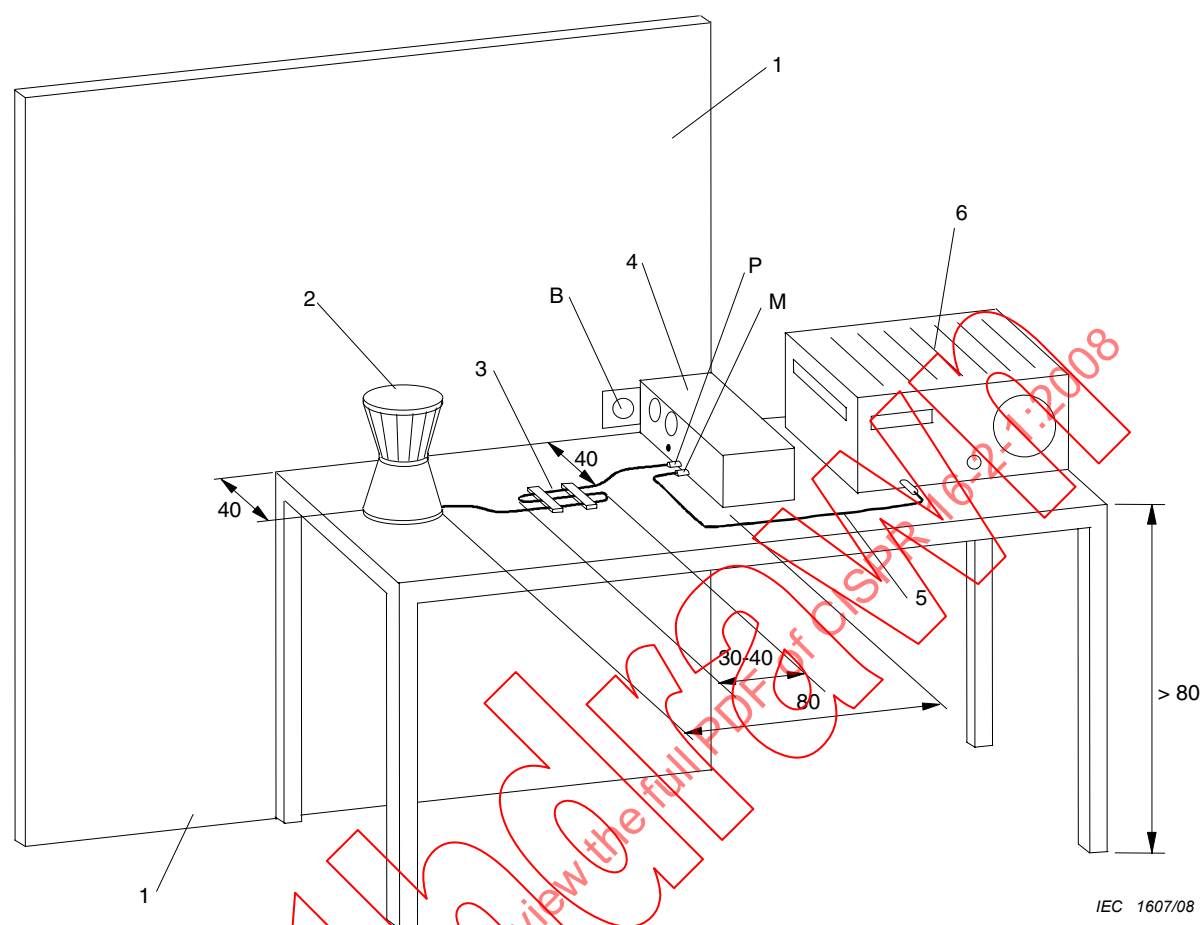
- 1 Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse doivent être repliés plusieurs fois sur eux-mêmes pour former un faisceau d'une longueur maximale de 40 cm suspendu approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan de masse de la table. Le rayon de courbure minimal du câble ne doit pas être dépassé. Si le rayon de courbure donne des plis de plus de 40 cm, la taille du rayon de courbure doit avoir priorité.
- 2 Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un périphérique doivent être arrangés en faisceau en leur milieu. L'extrémité du câble peut être chargée par l'impédance appropriée. Dans la mesure du possible, la longueur totale ne doit pas dépasser 1 m.
- 3 L'appareil en essai est connecté à un réseau fictif (AMN). Les bornes de mesure des AMN et des RSI doivent être terminées par des résistances de 50  $\Omega$  si elles ne sont pas branchées au récepteur de mesure. Les AMN sont placés directement sur le plan de sol horizontal à 0,8 m du matériel en essai et à 40 cm du plan de sol vertical si celui-ci est le plan de sol de référence (voir aussi Figure 7 a)). Une alternative (représentée à la Figure 7 b)) consiste à placer les AMN sur le plan de sol vertical à 0,8 m du matériel en essai, si le plan de sol horizontal est le plan de sol de référence qui est à 40 cm en-dessous du matériel en essai. Il est admis qu'il faille déplacer les AMN sur le côté pour atteindre la distance de 0,8 m. Tous les matériels associés sont connectés à un deuxième AMN si celui-ci est capable de fournir la puissance nécessaire. Dans le cas où un seul AMN ne peut pas fournir la puissance nécessaire, il est admis d'utiliser plusieurs AMN pour alimenter les matériels associés.
- 4 Les câbles des dispositifs utilisés à la main comme les claviers, souris, etc., doivent être placés aussi près que possible de leur matériel.
- 5 Eléments soumis à essai sans faire partie du matériel en essai.
- 6 L'arrière du matériel en essai, périphériques compris, doit être aligné avec l'arrière de la surface de la table.
- 7 L'arrière de la surface de la table doit être à 40 cm d'un plan conducteur vertical relié au plan de masse du sol.

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

**Figure 6 – Exemple de configuration d'essai: matériels de table pour mesures des perturbations conduites sur les conducteurs d'alimentation**



**Figure 7 – Montage de matériel en essai et de AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal**



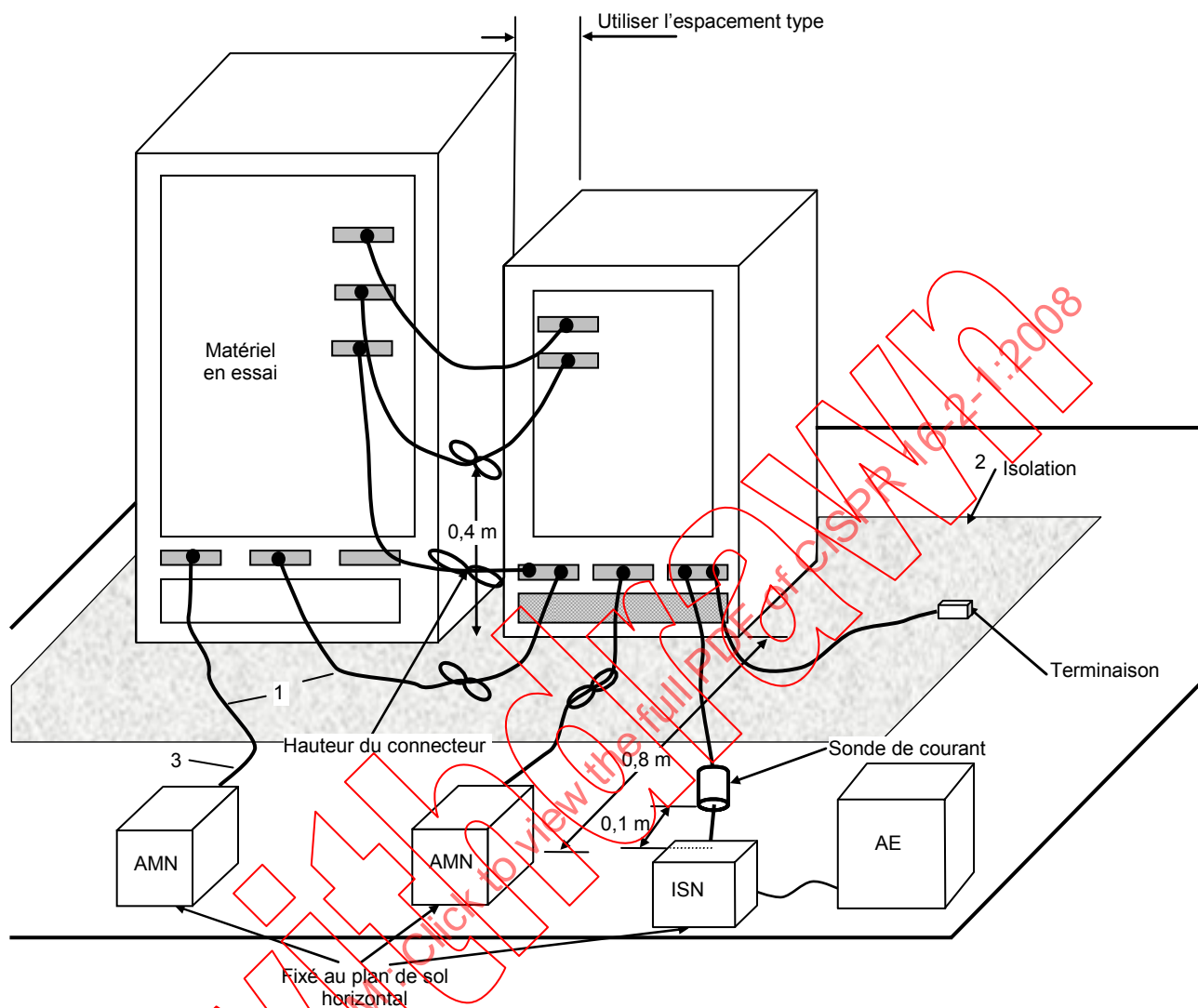
- 1 Paroi métallique de 2 m × 2 m
- 2 Matériel en essai
- 3 Longueur de câble d'alimentation en excédent (par exemple 2 cm x 30 cm, formant un méandre)
- 4 AMN
- 5 Câble coaxial
- 6 Récepteur de mesure
- B Connexion de terre de référence
- M Entrée du récepteur de mesure
- P Alimentation du matériel en essai

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

**Figure 8 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un câble d'alimentation fixé**

Les matériels en essai destinés à être posés au sol sont soumis aux mêmes dispositions que ci-dessus, à une exception près: ces matériels doivent être placés sur le sol, les points de contact étant compatibles avec l'usage courant. Un plancher métallique relié à la masse doit être utilisé mais ne doit pas créer de contact métallique avec le(s) support(s) au sol du matériel en essai, mais qui doit faire contact avec les conducteurs de terre voulus du matériel en essai. Le plancher métallique peut être utilisé comme plan de masse de référence. Il doit s'étendre au moins 50 cm au-delà des bords du matériel en essai, et présenter des

dimensions minimales de 2 m sur 2 m. Pour consulter des exemples de configurations d'essai, se reporter aux Figures 9 et 10.

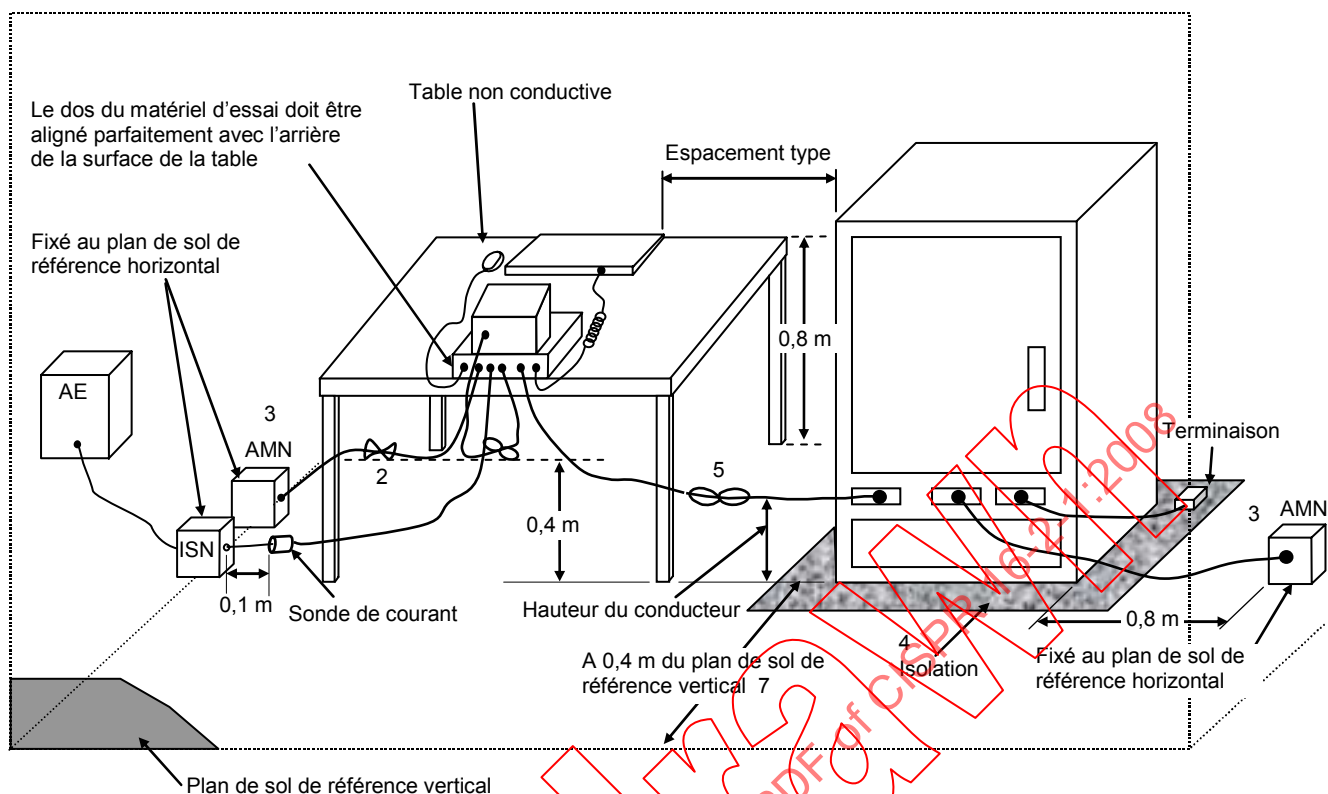


IEC 1608/08

- 1 Les parties de câbles en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
- 2 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du plan de masse.
- 3 Le matériel en essai est connecté à un AMN. Celui-ci est placé sur le dessus ou immédiatement en dessous du plan de masse.  
Tous les autres matériels sont alimentés à travers le deuxième AMN.

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

**Figure 9 – Exemple de configuration d'essai: matériels posés sur le sol**  
(voir 7.4.1 et 7.5.2.2)



IEC 1609/08

- 1 Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse doivent être repliés plusieurs fois sur eux-mêmes pour former un faisceau d'une longueur maximale d'environ 30 cm à 40 cm suspendu approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan de masse de la table.
- 2 Les parties de câbles en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
- 3 Le matériel en essai est connecté à un AMN. L'AMN peut être connecté en variante au plan de masse de référence vertical. Tous les autres matériels sont alimentés à travers le deuxième AMN. Il est admis qu'il faille déplacer les AMN sur le côté pour atteindre la distance de 0,8 m.
- 4 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du plan de masse.
- 5 Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un matériel posé au sol doivent descendre jusqu'au plan de masse; leur excédent est rassemblé en faisceau. Les câbles qui n'arrivent pas au plan de masse doivent pendre de la hauteur de leur connecteur ou sur 40 cm, la valeur la plus faible étant retenue.

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

**Figure 10 – Exemple de configuration d'essai: matériels posés sur le sol et sur une table (voir 7.4.1 et 7.5.2.2)**

L'AN est relié en RF au plan de masse de référence par une connexion de faible impédance RF (comme expliqué en 5.2).

NOTE Il convient que la «faible» valeur d'impédance RF soit de préférence inférieure à  $10 \Omega$  à 30 MHz. Cette valeur peut par exemple être obtenue si le boîtier de l'AN est monté directement sur le plan de masse de référence ou si sa connexion présente un rapport longueur sur largeur ne dépassant pas 3:1. Les résonances de la liaison de masse de l'AN peuvent être identifiées par un essai in-situ du facteur de division en tension (voir l'Annexe E).

La disposition du matériel en essai est telle qu'illustrée dans les Figures 6 à 10. La distance de référence entre l'un des bords du matériel en essai et la surface la plus proche de l'AN est de 80 cm. Une bonne approche pour les matériels en essai sur table, comme illustré dans les Figures 6 et 10, consiste à monter l'AN dans le plan de masse – le panneau avant étant aligné au droit du plan de masse.

Il faut disposer les conducteurs d'alimentation reliés à un AN et le câble de connexion du réseau vers le récepteur de mesure de telle manière que leurs emplacements n'influencent pas sur les résultats de mesure. Les matériels en essai, qui ne sont pas équipés de cordons de raccordement fixes, sont reliés à l'AN au moyen d'un câble d'un mètre de long ou comme spécifié dans la documentation relative au matériel concerné. La longueur de 1 m est la valeur préférentielle car elle donne une meilleure incertitude de conformité à la norme.

Sauf si le matériel en essai possède des exigences particulières concernant une faible impédance de masse, les instructions suivantes doivent s'appliquer. Si le matériel en essai est destiné à être relié à une masse de référence, cela doit être effectué au moyen d'un câble courant parallèlement au cordon d'alimentation du matériel en essai et éloigné de lui d'une distance ne dépassant pas 10 cm, à moins que le cordon d'alimentation lui-même ne contienne un conducteur de terre. Si le matériel en essai comporte un câble fixe, ce câble doit avoir une longueur de 1 m. S'il dépasse 1 m, une partie de ce câble est repliée sur elle-même en décrivant des méandres ne dépassant pas 30 cm et 40 cm de longueur et disposé en forme de serpent non inductif de telle manière que la longueur totale du câble ne dépasse pas 1 m (voir également la Figure 11). Toutefois, lorsque le faisceau de câble est susceptible d'influencer les résultats des mesures, une réduction de la longueur à 1 m est recommandée.

NOTE La décision quant à la recommandation d'une disposition en faisceaux ou en méandres a été exclue de la présente publication. Pour plus de simplicité, le texte existant de l'édition précédente a été conservé. Il a été révélé que les méandres entraînaient des inductances moindres que les faisceaux, mais que les résonances ne pouvaient pas être totalement évitées. Par conséquent, la question sera traitée dans un projet séparé.

#### **7.4.2 Procédure de mesure des tensions perturbatrices non symétriques avec des réseaux en V (AMN)**

##### **7.4.2.1 Généralités**

De manière générale, la mesure des tensions perturbatrices au moyen de réseaux fictifs est la méthode de mesure préférentielle du CISPR. Si par exemple un AMN empêche le matériel en essai de fonctionner, il convient dans ce cas d'effectuer les mesures au moyen de sondes de courant ou de tension.

##### **7.4.2.2 Disposition des matériels avec connexion de terre**

Pour un matériel en essai devant être mis à la terre pendant son fonctionnement, ou dont le boîtier conducteur peut entrer en contact avec la terre, la tension perturbatrice radioélectrique non symétrique du cordon d'alimentation se mesure en se référant au mur métallique de référence (masse générale du matériel de mesure) auquel est connecté le boîtier du matériel en essai par son conducteur de protection à la terre et la connexion à la terre du réseau fictif d'alimentation (voir le circuit équivalent à la Figure 12).

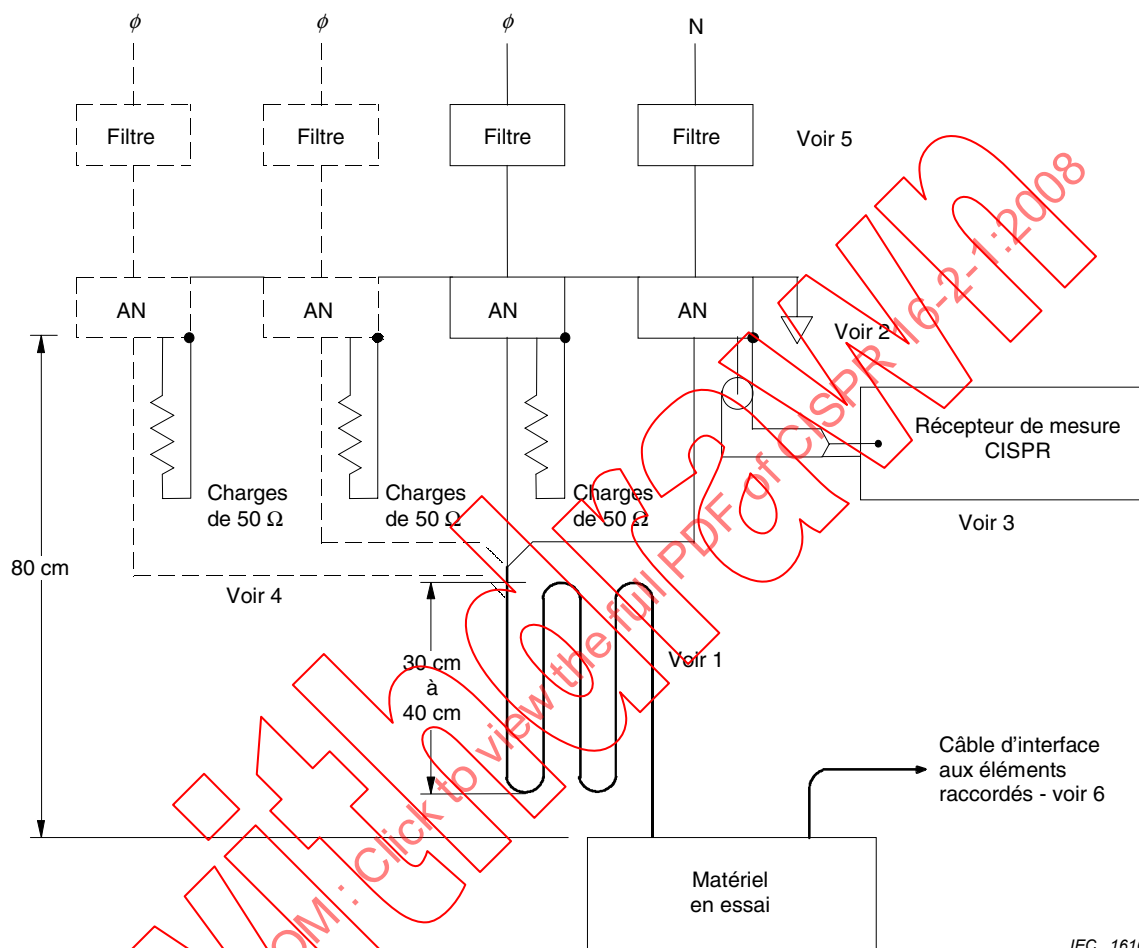
Les paramètres déterminant le potentiel perturbateur des matériels en essai mis à la terre sont exposés en A.3.

Pour les matériels en essai comportant au moins deux conducteurs d'alimentation et de protection ou des connexions spéciales à la terre, le résultat des mesures dépend beaucoup des conditions de connexion de sortie des bornes d'alimentation et des conditions de mise à la terre (voir également 7.5 concernant les mesures dans les systèmes).

Les conducteurs de mise à la terre de sécurité dans les dispositifs réels d'alimentation sont susceptibles d'avoir une longueur importante et ne garantissent donc pas une impédance par rapport à la terre aussi faible et efficace que dans le cas d'un montage d'essai normalisé, qui comporte une connexion à la masse de référence par fil d'une longueur de 1 m seulement; de plus, étant donné qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser des conducteurs de sécurité pour chaque produit selon la CEI 60364-4, les mesures de la tension perturbatrice des appareils à prise, de classe de sécurité I, doivent être effectuées conformément au 7.4.2.3, sans que le câble de sécurité ou de terre soit connecté (mesure sans mise à la terre). Si cependant, pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de conserver la fonction de sécurité des câbles de

terre, on peut y parvenir en utilisant une bobine PE ou une impédance égale à celle d'un réseau en V pour le conducteur de sécurité.

Il est possible de faire des exceptions pour les matériels en essai non rayonnants ou correctement blindés qui sont destinés à être reliés à la terre selon des exigences ou instructions spéciales (voir A.2.1 et A 4.1).



IEC 1610/08

- 1 Tout excédent de plus de 80 cm du câble du matériel en essai doit être replié en forme de serpent in sans être bobiné.
- 2 La connexion du réseau fictif (AN) au plan de masse doit présenter une impédance faible aux fréquences élevées. Elle doit être réalisée en feuille métallique pleine dont le rapport longueur/largeur ne dépasse pas 3 pour 1.
- 3 Le récepteur de mesure CISPR doit être isolé de l'AMN en utilisant un absorbeur de courant de gaine sur le câble coaxial (Exemple en E.2).
- 4 Les lignes pointillées représentent le montage d'essai dans le cas d'une alimentation triphasée.
- 5 Connexion de filtre passe-bas facultatif; à remplacer par des courts-circuits si non utilisé.
- 6 Les éléments interconnectés peuvent être raccordés à un seul AN par une barrette ou une boîte de raccordement électrique.
- 7 Les matériels en essai posés sur table ou tenus à la main doivent se trouver à 40 cm de toute surface conductrice de masse d'au moins 2 m<sup>2</sup> et à au moins 80 cm de tout autre objet conducteur, ceci comprenant les dispositifs qui font partie du système ou de l'installation.

**Figure 11 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice**  
(voir aussi 7.5.2.2)

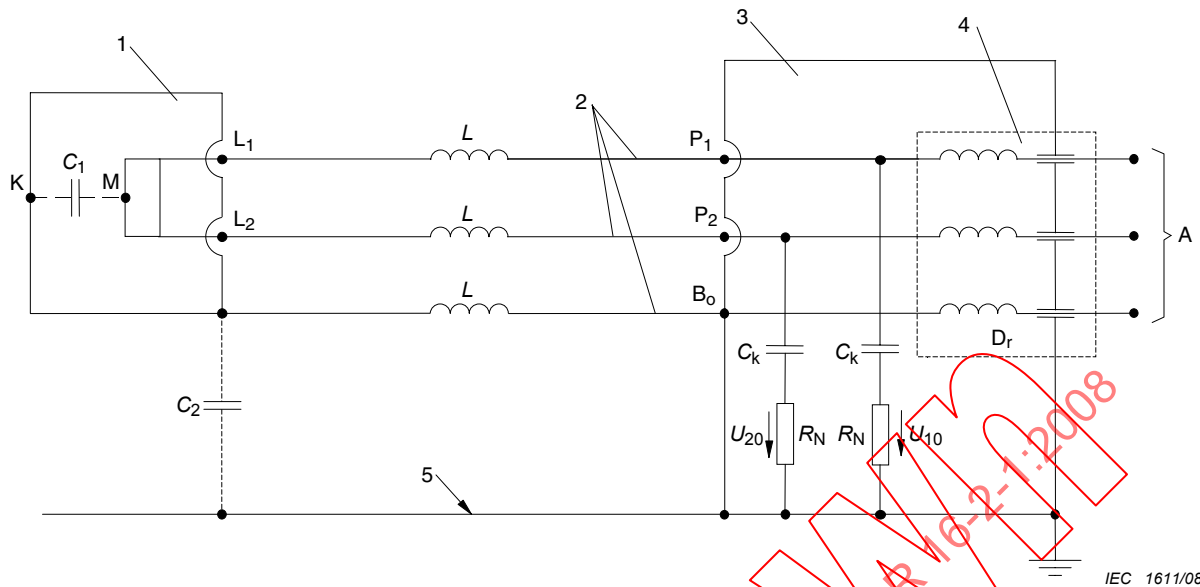


Figure 12a – Schéma du circuit de mesure et d'alimentation

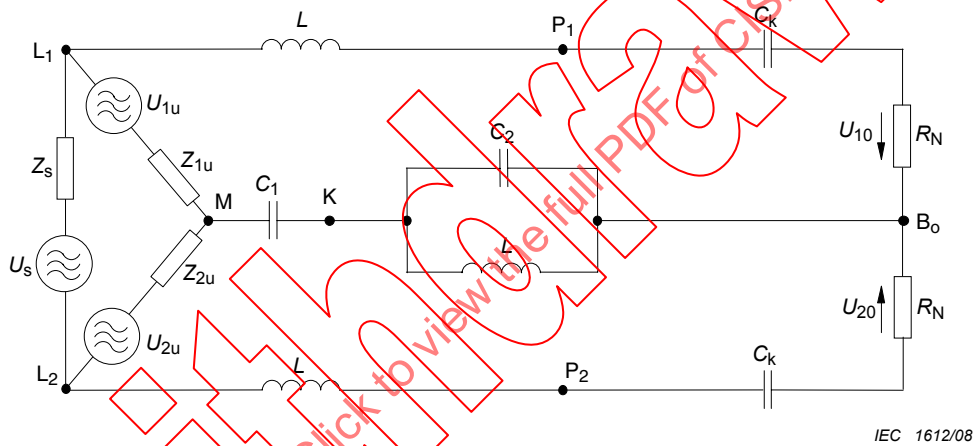


Figure 12b – Circuit équivalent de source de tension et de mesure

- 1 Matériel en essai
- 2 Câble d'alimentation
- 3 AMN
- 4 Inductance et condensateur de découplage
- 5 Paroi métallique
- A Entrée alimentation
- $B_0$  Connexion de la terre de référence
- $L_1, L_2$  Raccordement du câble d'alimentation (100 cm)
- $P_1, P_2$  Fiche du matériel en essai vers le réseau d'alimentation
- $C_1$  Capacité parasite entre l'intérieur du matériel en essai et les parties métalliques
- $C_2$  Capacité parasite entre le matériel en essai et la paroi métallique (à la terre)
- $C_K$  Condensateurs de couplage du réseau d'alimentation
- $D_r$  Bobine d'arrêt (bobine PE) du conducteur de masse de sécurité
- K Parties de la structure conductrice du matériel en essai
- L Inductance des câbles de connexion
- M Point milieu fictif pour les tensions internes en mode commun
- $R_N$  Résistances de simulation (50  $\Omega$  ou 150  $\Omega$ )
- $Z_s$  Résistance interne symétrique du matériel en essai
- $Z_{1u}, Z_{2u}$  Résistance en mode commun du matériel en essai
- $U_{1u}, U_{2u}$  Tension interne en mode commun du matériel en essai
- $U_{10}, U_{20}$  Tension externe mesurable en mode commun

Figure 12 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe I (mis à la terre)

### 7.4.2.3 Disposition des matériels sans connexion à la terre

Les matériels sans connexion à la terre comprennent les matériels électriques avec une isolation de protection (classe de sécurité II), les matériels pouvant fonctionner sans conducteur de terre ou de sécurité (classe de sécurité III) et les matériels avec prise de classe I de sécurité, connectés par un transformateur d'isolement. Pour ces matériels, il faut mesurer la tension perturbatrice non symétrique de chaque conducteur par rapport à la masse métallique de référence du montage de mesure comme indiqué dans le circuit équivalent de la Figure 13.

Etant donné que, dans les gammes de grandes ondes et ondes moyennes (entre 0,15 MHz et 2 MHz), les résultats des mesures peuvent être considérablement influencés par les faibles capacités série  $C_2$  entre le matériel en essai et la masse de référence, et que la distance spécifiée est déterminante, il faut suivre scrupuleusement cette disposition; il convient également d'éviter d'autres influences externes, telles que la capacité du corps ou de la main, par exemple.

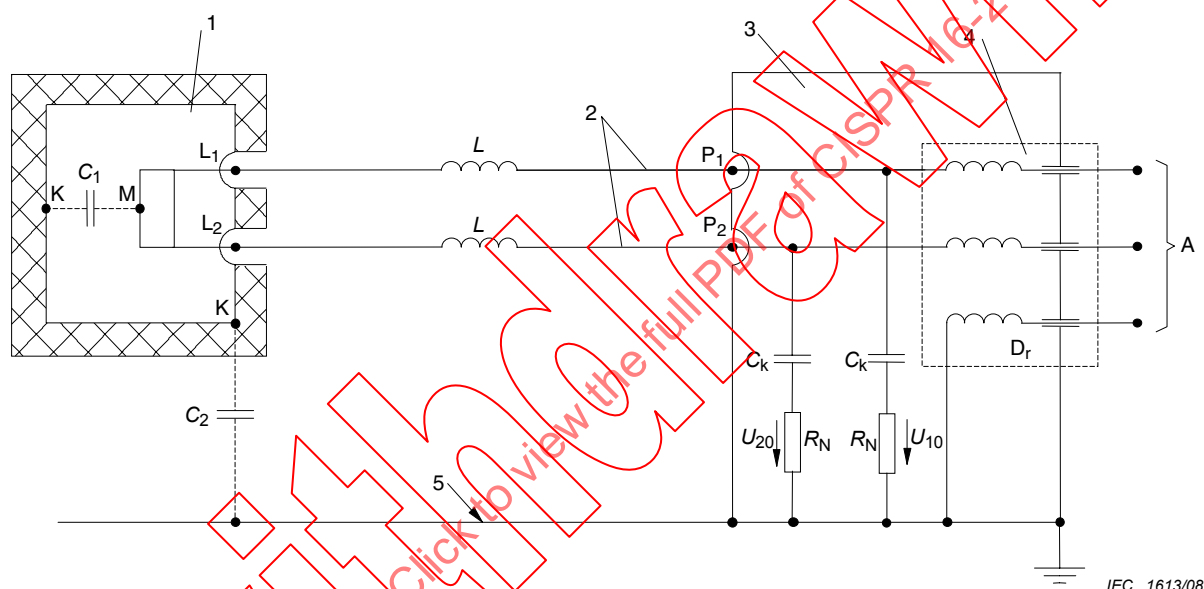


Figure 13a – Schéma du circuit d'alimentation et de mesure

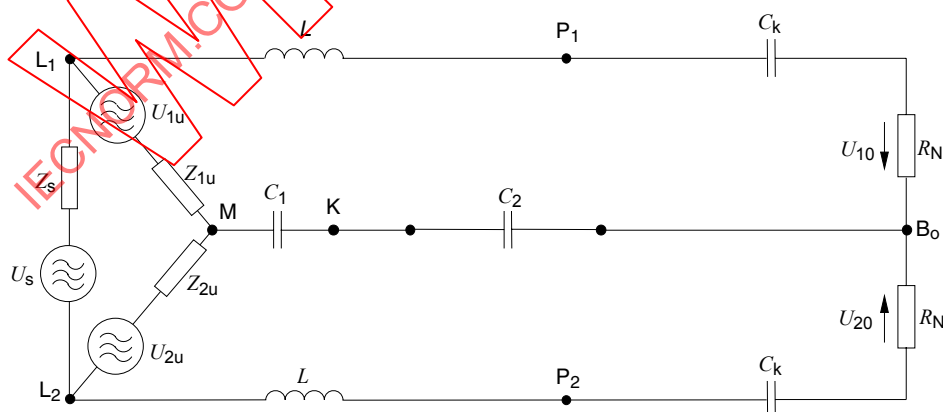


Figure 13b – Circuit équivalent de source de perturbations radioélectriques et de mesure

NOTE Se reporter à la Figure 12 pour les symboles.

**Figure 13 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe II (non mis à la masse)**

#### 7.4.2.4 Disposition des matériels tenus à la main sans connexion à la terre

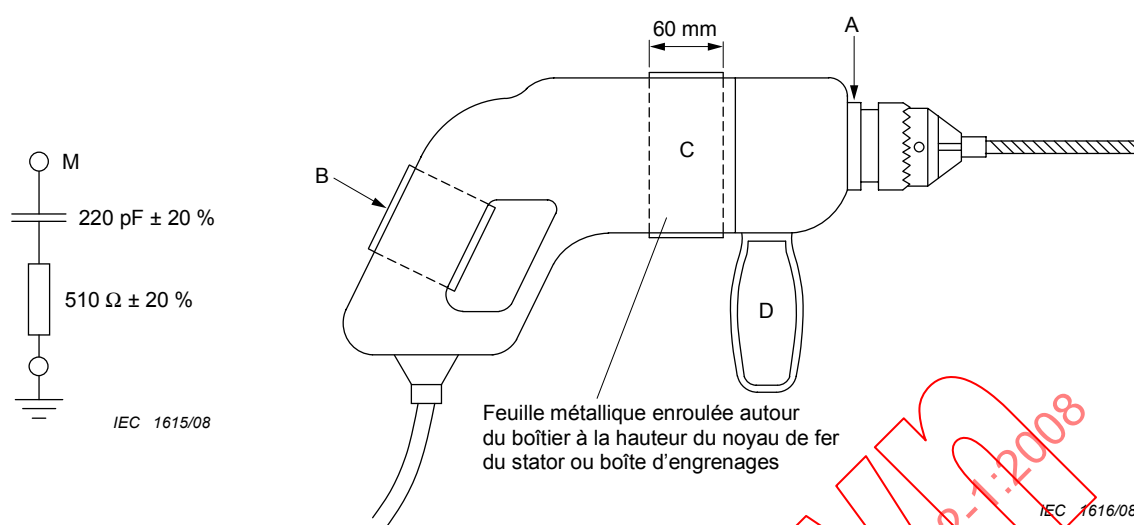
Les mesures doivent tout d'abord être effectuées conformément au 7.4.2.3. Des mesures supplémentaires doivent ensuite être effectuées au moyen de la main artificielle décrite dans la CISPR 16-1-2.

Le principe général à suivre dans l'utilisation de la main artificielle est indiqué à la Figure 15. La borne M de l'élément RC doit être reliée à toute pièce de métal exposée non rotative et feuille métallique enroulée autour de toutes les poignées, fixes et détachables, fournies avec le matériel en essai. Une pièce de métal recouverte de peinture ou de laque est considérée comme une pièce de métal exposée et doit être directement reliée à l'élément RC.

La main artificielle doit comporter une feuille métallique enroulée autour du revêtement, ou d'une partie de ce revêtement, comme spécifié ci-dessous. La feuille doit être reliée à une borne (borne M) d'un élément RC (voir Figure 14) comprenant un condensateur de  $220 \text{ pF} \pm 20 \%$  en série avec une résistance de  $510 \Omega \pm 10 \%$ ; l'autre borne de l'élément RC doit être reliée à la masse de référence du système de mesure.

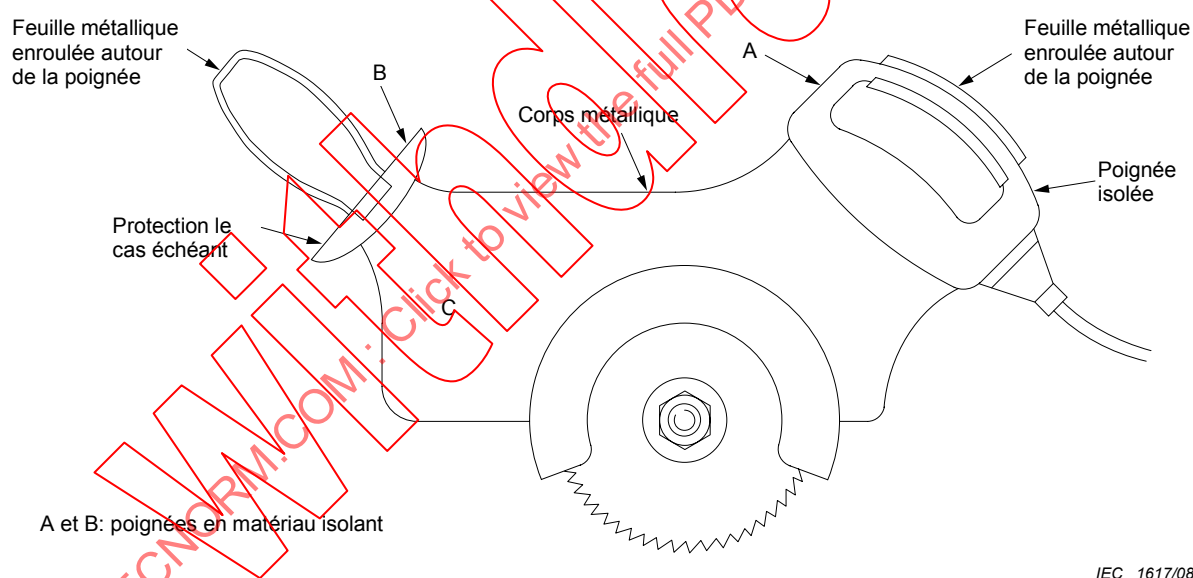
Il faut utiliser la main artificielle de la façon suivante:

- a) lorsque le revêtement du matériel en essai est entièrement métallique, une feuille métallique n'est pas nécessaire, mais la borne M de l'élément RC doit être directement reliée au corps du matériel en essai;
- b) lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué de matériau isolant, la feuille métallique doit être enroulée autour de la poignée B (Figure 15) et de la seconde poignée D, le cas échéant. La feuille métallique, d'une largeur de 60 mm, doit également être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, si cela crée un niveau d'émission plus élevé. Toutes ces feuilles métalliques, et l'anneau ou la traversée A, le cas échéant, doivent être reliés entre eux et connectés à la borne M de l'élément RC;
- c) lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué en partie de métal et en partie de matériau isolant et comporte des poignées isolantes, la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées B et D (Figure 15). Si le revêtement est non métallique au niveau du moteur, une feuille métallique de 60 mm de largeur doit être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, s'il est constitué de matériau isolant et qu'on obtient un niveau d'émission plus élevé. La partie métallique du corps, le point A, la feuille métallique autour des poignées B et D et la feuille métallique sur le corps C doivent être reliées ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC;
- d) lorsque le matériel en essai comporte deux poignées A et B en matériau isolant et un revêtement métallique C, une scie électrique par exemple (Figure 16), la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées A et B. La feuille métallique en A et B, et le corps métallique C doivent être reliés ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC.



**Figure 14 – Élément RC pour main artificielle**

**Figure 15 – Perceuse électrique portable avec main artificielle**



**Figure 16 – Scie électrique portable avec main artificielle**

#### 7.4.2.5 Disposition des claviers, électrodes et autres matériels sensibles au toucher

Dans le cas des matériels de ce type, la main artificielle doit être utilisée conformément aux spécifications de produits et, de manière générale, selon 7.4.2.4.

#### 7.4.2.6 Disposition des matériels avec composants de suppression externe

Si des dispositifs d'antiparasitage sont raccordés à l'extérieur du matériel en essai (par exemple un dispositif enfichable destiné à être connecté au réseau d'alimentation) ou en tant qu'élément inséré dans le câble de raccordement (cordon d'alimentation à dispositif de suppression d'émission), ou si des cordons de raccordement blindés sont utilisés, il faut relier un câble supplémentaire non blindé d'une longueur de 1 m entre le dispositif de suppression

d'émission et l'AN pour mesurer la tension perturbatrice. Il faut placer la ligne située entre le matériel et le dispositif de suppression d'émission à proximité directe du matériel à mesurer.

#### **7.4.2.7 Disposition des matériels comportant un matériel auxiliaire (AuxEq) connecté à l'extrémité d'un câble autre que le câble d'alimentation**

NOTE 1 Les commandes de régulation comportant des dispositifs à semi-conducteurs sont exclues du présent paragraphe; les dispositions de 7.4.4.1 doivent s'appliquer.

NOTE 2 Lorsque le matériel auxiliaire, AuxEq, n'est pas essentiel au fonctionnement du matériel en essai et que sa procédure d'essai est spécifiée ailleurs, le présent paragraphe ne s'applique pas. Le matériel principal est soumis aux essais comme un matériel individuel.

NOTE 3 La décision ultime, visant à déterminer s'il faut effectuer des mesures et appliquer des limites, est prise dans les publications produits correspondantes du CISPR.

Les cordons de raccordement dépassant 1 m de longueur doivent être disposés en faisceau/ en méandre conformément à 7.4.1.

Les mesures ne sont pas requises lorsque le cordon de raccordement entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire est fixé de manière permanente aux deux extrémités et qu'il est soit de longueur inférieure à 2 m, soit blindé, à condition que, dans ce dernier cas, le câble blindé soit connecté à ses deux extrémités au boîtier métallique du matériel en essai et à celui du matériel auxiliaire. Les câbles comportant des fiches et embases amovibles sont considérés comme extensibles jusqu'à une longueur supérieure à 2 m, et des mesures sont requises.

Le matériel en essai doit être disposé conformément aux paragraphes précédents de 7.4.2, avec les exigences supplémentaires suivantes:

- a) le matériel auxiliaire doit être placé à la même hauteur et à la même distance du plan de masse, et si le câble est suffisamment long, il doit être traité conformément à 7.4.1. Si le câble auxiliaire est inférieur à 0,8 m, sa longueur doit être conservée et le matériel auxiliaire doit être placé aussi loin que possible du matériel principal. Lorsque le matériel auxiliaire est un organe de commande, il ne faut pas que les dispositions concernant son fonctionnement affectent le niveau de perturbation;
- b) si un matériel en essai disposant d'un matériel auxiliaire est mis à la masse, aucune main artificielle ne doit être connectée. Si le matériel en essai lui-même est conçu pour être tenu à la main, la main artificielle doit être connectée au matériel en essai et non au matériel auxiliaire;
- c) si le matériel en essai n'est pas conçu pour être tenu à la main, il faut que le matériel auxiliaire qui n'est pas mis à la masse et qui est, lui, conçu pour être tenu à la main, soit connecté à la main artificielle; si le matériel auxiliaire n'est pas non plus conçu pour être tenu à la main, il doit être placé par rapport à une surface conductrice reliée à la masse, comme décrit en 7.4.1.

Outre la mesure effectuée aux bornes de la connexion de l'alimentation électrique, les mesures sont effectuées à toutes les autres bornes des câbles d'entrée et de sortie (par exemple les lignes de commande et de charge) au moyen d'une sonde de tension reliée à l'entrée du récepteur de mesure.

Le matériel auxiliaire de commande ou de charge est connecté pour permettre d'effectuer des mesures dans toutes les conditions de fonctionnement fournies et pendant les interactions entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire.

Les mesures sont effectuées à la fois sur les bornes d'entrée du matériel en essai et sur les bornes d'entrée du matériel auxiliaire.

### 7.4.3 Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel

#### 7.4.3.1 Généralités

De manière générale, la mesure des tensions perturbatrices au moyen de réseaux fictifs est la méthode de mesure préférentielle du CISPR. Si par exemple un AN empêche le matériel en essai de fonctionner, il convient dans ce cas d'effectuer les mesures au moyen de sondes de courant ou de tension capacitive.

#### 7.4.3.2 Mesure au moyen du réseau de type triangle

La tension perturbatrice en mode commun aux bornes des lignes de signaux de télécommunication en mode différentiel, de traitement de données et autres appareils se mesure avec les réseaux en triangle conformément à la CISPR 16-1-2, dans la gamme de fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz. Les réseaux en triangle spécifiés dans la CISPR 16-1-2 peuvent être construits de manière à permettre le passage des signaux et du courant continu nécessaires au bon fonctionnement du matériel en essai, à condition de respecter les exigences sur les impédances en mode différentiel et en mode commun données dans la CISPR 16-1-2.

Lorsqu'on utilise le réseau en triangle pour les mesures aux bornes de signal, il faut que la réjection en mode différentiel soit aussi élevée que nécessaire pour ne pas donner de résultats erronés lors de la mesure d'une tension perturbatrice en mode commun à la même fréquence que le signal de fonctionnement en mode différentiel.

Lorsque le matériel en essai doit être mesuré à ses bornes d'alimentation électrique au moyen d'un AMN, toutes les mesures de tension doivent être effectuées en connectant simultanément les deux réseaux. Les dispositions prescrites en 7.4.1 et 7.4.2 doivent être observées.

NOTE La gamme de fréquences du réseau en triangle peut être étendue à 9 kHz en utilisant la même impédance de réseau si le découplage de la ligne de signal connectée et le couplage au récepteur de mesure sont conçus en conséquence.

#### 7.4.3.3 Mesure au moyen du réseau de type en Y

A la place, un réseau fictif non symétrique (en mode commun) (AAN), c'est-à-dire un réseau en Y conforme à la CISPR 16-1-2, peut être utilisé pour mesurer les tensions perturbatrices en mode commun dans la gamme de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz.

NOTE Les réseaux en Y sont fréquemment appelés (comme par exemple dans la CISPR 22) réseaux de stabilisation d'impédance (RSI).

Contrairement au réseau en triangle qui comporte un accès en mode différentiel et en mode commun avec des impédances de simulation égales de 150  $\Omega$ , le réseau en Y ne comporte qu'une sortie en mode commun de 150  $\Omega$ , la ligne de communication se terminant par son impédance caractéristique et un rapport caractéristique de réjection mode différentiel/mode commun du réseau de télécommunications auquel il est prévu de connecter le matériel en essai.

Dans la partie du réseau en Y réservée à l'alimentation, il est possible de connecter un simulateur de signal, des circuits de charge pour courant continu ou pour la fréquence du signal utile du matériel en essai, ou pour d'autres circuits nécessaires au fonctionnement du matériel en essai. Ces circuits doivent soit fournir eux-mêmes une résistance RF en mode différentiel de 100  $\Omega$  à 150  $\Omega$ , selon la valeur prescrite pour ce matériel en essai particulier, soit fournir cette résistance au moyen d'une terminaison. Lorsqu'aucun circuit extérieur n'est spécifié pour le fonctionnement du matériel en essai, une résistance de 150  $\Omega$  doit être connectée au réseau en Y comme terminaison RF en mode différentiel. Si aucun réseau en Y approprié n'est disponible, l'accès télécommunications est fermé par un matériel auxiliaire.

Lorsqu'un matériel en essai disposant d'un accès télécommunications doit être mesuré à ses bornes d'alimentation électrique au moyen d'un AMN, les mesures de tension des perturbations doivent être effectuées en connectant l'AMN à l'accès alimentation et le réseau en Y à l'accès télécommunications simultanément ou en connectant directement le matériel associé au matériel en essai. La Figure 6 illustre le montage de mesures au moyen d'AMN et de réseaux en Y (RSI). Les dispositions prescrites en 7.4.1 et 7.4.2 doivent être observées.

#### **7.4.4 Mesures au moyen de sondes de tension**

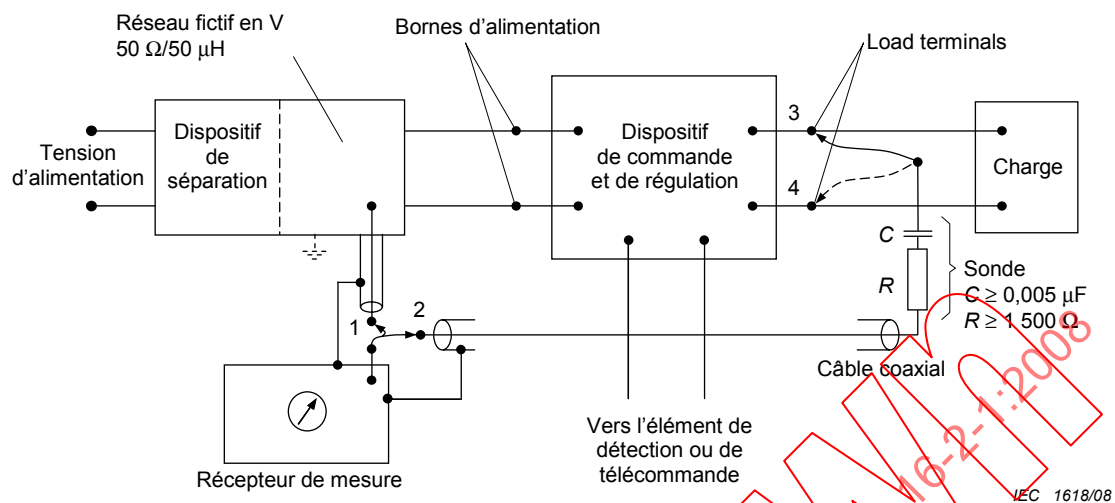
##### **7.4.4.1 Avec un AMN**

Afin d'effectuer des essais sur des matériels et des systèmes comportant plusieurs lignes connectées ou connectables, il faut mesurer la tension perturbatrice, qui ne peut pas être mesurée avec des AMN (comme par exemple pour les lignes de connexion entre les parties des constituants qui sont séparées de l'alimentation) aux connexions des jacks de raccordement pour antennes, aux lignes de commande et de charge, avec une sonde de tension (voir 7.3.3) ayant une impédance d'entrée élevée (1 500  $\Omega$  ou plus) afin de garantir que les lignes ne sont pas chargées par la sonde.

Dans ces cas-là, cependant, les conducteurs d'entrée primaire doivent être isolés et raccordés du point de vue RF au réseau AMN. Pour les lignes restantes, y compris celles ne devant pas être mesurées avec la sonde, il faut observer les conditions correspondantes de 7.4.1 ainsi que les conditions de fonctionnement indiquées pour chaque matériel dans les spécifications de produits correspondantes (par exemple la CISPR 11 et la CISPR 14-1) en tenant compte de la disposition et de la longueur. La sonde de tension est connectée au récepteur de mesure par un câble coaxial dont le blindage est connecté à la masse de référence et au boîtier de la sonde de tension. Aucune connexion ne doit être faite directement entre ce boîtier et les parties sous tension du matériel en essai.

Si le récepteur de mesure est connecté à la sonde de tension, l'AMN doit être bouclé par une résistance de 50  $\Omega$ .

Les Figures 17 et 18 (extraites de la CISPR 14-1) donne un exemple de montage d'essai pour la mesure de la tension perturbatrice d'une commande de régulation à semi-conducteur.



Positions des commutateurs:

- 1 Pour les mesures aux bornes d'alimentation
- 2 Pour les mesures aux bornes de la charge
- 3 et 4 Connexions successives au cours des mesures côté charge

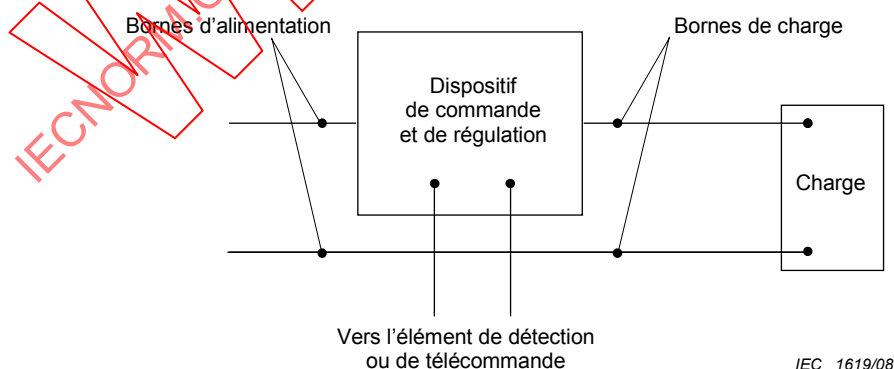
NOTE 1 La masse du récepteur de mesure est connectée à l'AMN.

NOTE 2 La longueur du câble coaxial à partir de la sonde ne dépasse pas 2 m.

NOTE 3 Lorsque le commutateur est en position 2, la sortie de l'AMN à la borne 1 est chargée par une impédance équivalente à celle du récepteur de mesure CISPR.

NOTE 4 Lorsqu'un dispositif de régulation à deux bornes est inséré dans l'un des câbles d'alimentation seulement, les mesures sont effectuées en raccordant le second câble d'alimentation comme indiqué dans la partie inférieure de la Figure 18.

**Figure 17 – Exemple de mesure pour les sondes de tension**



**Figure 18 – Disposition de mesure pour un dispositif de régulation à deux bornes**

#### 7.4.4.2 Sans AMN

Lors des essais des matériels en essai qui ne doivent pas être mesurés avec des AMN, la tension perturbatrice est mesurée aux bornes d'une résistance de simulation définie (comme par exemple la simulation d'une clôture électrique fictive de la CISPR 14-1 ou bien dans des conditions de circuit ouvert avec une disposition exactement définie et une implantation des

lignes prenant en compte les spécifications de 7.4.1). La tension perturbatrice est mesurée avec une sonde de tension d'impédance élevée.

Cela s'applique également par exemple aux dispositifs électroniques de puissance alimentés à partir de leur propre alimentation séparée ou pour des dispositifs à batterie auxquels sont connectées des lignes installées séparément qui ne doivent pas être chargées.

Dans le cas de mesures de la tension perturbatrice sur des sources de puissance séparées pour des courants supérieurs à 25 A (par exemple batterie, générateur, convertisseur), il faut effectuer une mesure de l'impédance pour s'assurer que la tolérance sur la résistance simulée, conformément à la CISPR 16-1-2, n'est pas dépassée.

Pour les sondes, il convient que la connexion flexible à la masse, avec une impédance d'entrée  $R_x$  supérieure à 1 500  $\Omega$ , ne dépasse pas de plus de 1/10 la longueur d'onde à la fréquence de mesure maximale et cette connexion doit être reliée aussi près que possible à la surface métallique servant de masse de référence. Afin d'éviter une charge capacitive supplémentaire du point d'essai par le blindage de la sonde, il convient que la pointe de la sonde ne dépasse pas une longueur approximative de 3 cm. Il faut que les connexions blindées du récepteur de mesure soient disposées d'une manière telle que la capacité de l'objet d'essai ne soit pas modifiée par rapport à la masse de référence.

#### 7.4.4.3 AMN comme sonde de tension

Lorsque le courant nominal d'un matériel en essai dépasse celui des AMN disponibles, un AMN peut être utilisé comme une sonde de tension. L'accès de l'AMN côté matériel en essai est connecté à chaque fil d'alimentation du matériel en essai (monophasé ou triphasé).

Avant de connecter un AMN au réseau, il doit être connecté de façon sûre à la terre physique locale (conducteur PE).

**ATTENTION:** Avant de déconnecter le conducteur PE, il faut déconnecter l'AMN du réseau. L'accès «alimentation» de l'AMN est laissé ouvert. Lorsque l'AMN est connecté comme une sonde de tension, les broches du connecteur d'entrée d'alimentation de l'AMN sont alimentées par la tension d'alimentation. Les broches du connecteur doivent être protégées par un capot isolant ou par d'autres moyens.

Dans la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz, les fils d'alimentation du matériel en essai doivent être connectés à l'alimentation par une inductance de 30  $\mu\text{H}$  à 50  $\mu\text{H}$  (voir la Figure A.8, configuration 2). L'inductance peut être réalisée par une bobine, une ligne de 50 m ou un transformateur. Dans la bande de fréquences de 9 kHz à 150 kHz, une inductance plus grande sera en principe nécessaire pour le découplage avec l'alimentation. Ceci assure également une réduction du bruit provenant du réseau d'alimentation (voir A.5).

Puisque les mesures avec des AMN dans leur configuration conventionnelle sont préférables, il convient d'utiliser l'AMN en mode sonde de tension uniquement pour des essais *in situ* et lorsque les limitations pratiques en courant sont dépassées. Cette configuration ne doit pas être utilisée pour la mesure conformément à une norme de produits, à moins que cette méthode ne soit expressément décrite comme autre méthode possible dans la norme de produits.

#### 7.4.5 Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP)

Une sonde CVP peut permettre de mesurer les tensions perturbatrices sur des câbles de transmission et de télécommunication non blindés, ayant plus de 4 paires symétriques. La mesure peut être combinée à celle d'une sonde de courant afin de mesurer simultanément la tension perturbatrice et le courant perturbateur. L'inconvénient de cette méthode est l'absence d'isolation entre le matériel en essai et le réseau réel ou le simulateur.

Le corps de la sonde CVP doit être relié au plan de masse de référence par une connexion de mise à la masse aussi courte que possible.

#### 7.4.6 Mesures au moyen de sondes de courant

Les mesures du courant perturbateur peuvent être utiles pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il peut être impossible, dans certains dispositifs, d'insérer un AN. Cela est tout particulièrement vrai lorsque les essais sont effectués sur des systèmes installés, ou lorsque le matériel en essai fonctionne avec des courants très élevés. D'autre part, dans la partie basse de la gamme de fréquences, l'impédance d'alimentation devient très faible; par conséquent, la source de perturbation est un générateur de courant. La mesure de ce courant peut être effectuée au moyen d'un transformateur de courant sans interrompre ou déconnecter la connexion d'alimentation.

Les sondes de courant doivent être conformes aux exigences de la CISPR 16-1-2.

Les sondes de courant permettent de mesurer directement les composantes en mode commun du courant perturbateur en entourant le câble contenant tous les conducteurs. De cette manière, les courants perturbateurs en mode commun peuvent être facilement séparés des courants utiles en mode différentiel.

Si les mesures sont effectuées avec des impédances de charge et de source connues, la tension perturbatrice peut être calculée.

Si un seul des conducteurs est entouré, on mesure la superposition des composantes de courant en mode commun et en mode différentiel. Si, dans ce cas, il existe un courant utile de valeur très élevée (supérieure à 200 A), on risque d'obtenir des données erronées en raison de la saturation possible du noyau magnétique de la sonde de courant.

#### 7.5 Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites

##### 7.5.1 Approche générale des mesures des systèmes

L'objectif général de définition d'une configuration d'essai d'un système pour des mesures d'émissions conduites comporte les points clés suivants:

- éviter les perturbations en mode commun par boucles de masse;
- définir une configuration qui soit facilement reproductible;
- découpler la ligne mesurée des lignes qui ne sont pas mesurées;
- placer les lignes pour obtenir un découplage;
- disposer les lignes de manière à réduire l'influence des champs magnétiques sur les mesures d'émission;
- appliquer dans toute la mesure du possible les exigences de 7.1 à 7.4 pour l'essai du système.

Lorsque cela est possible, la tension perturbatrice sur une ligne d'un système doit être mesurée au moyen d'un réseau fictif. Pour des courants jusqu'à 50 A, des AMN peuvent être utilisés relativement facilement. L'AN doit, dans toute la mesure du possible, être installé dans un rayon de 80 cm par rapport au matériel du système en essai. Chaque fil d'un circuit d'alimentation électrique multiconducteurs doit être acheminé à travers un AMN. La borne de mesure de chaque AN doit être rebouclée par une résistance de 50  $\Omega$ .

Le matériel en essai doit être disposé et connecté avec des terminaisons de câbles conformément aux instructions du fabricant.

Pour certaines mesures, il est possible de spécifier, dans les publications de produits applicables, l'usage de sondes de tension auxiliaires à une charge spécifique, au lieu d'un AMN. Une sonde de tension peut également être utilisée pour des mesures en conduction lorsque le courant d'alimentation est supérieur à 50 A et qu'un AMN approprié n'est pas disponible. Dans ce cas cependant, les résultats des essais effectués avec un AMN ont la priorité sur les résultats obtenus avec une sonde de tension.

Pour certaines mesures, l'utilisation des sondes de courant peut être spécifiée dans la norme de produits applicable.

### 7.5.2 Configuration du système

Le système doit être configuré, installé, disposé et mis en fonctionnement avec soin, d'une manière qui soit la plus représentative de l'utilisation normale (c'est-à-dire comme spécifié dans le manuel d'instruction) ou comme spécifié dans le présent document. Il convient qu'un équipement fonctionnant normalement dans un système constitué de multiples unités interconnectées soit soumis aux essais comme élément d'un système opérationnel type.

En général, le système soumis à des essais doit être du même type que celui mis sur le marché pour l'utilisateur final. Si les informations de commercialisation ne sont pas disponibles, ou s'il est difficile de réunir une quantité importante d'équipements pour reproduire dans sa totalité l'installation du produit commercialisé, l'essai doit être réalisé en faisant appel aux compétences de l'ingénieur d'essai en concertation avec l'équipe d'ingénierie de conception. Les résultats de toute discussion de ce type et du processus de décision doivent être documentés dans le rapport d'essai.

Le choix et l'emplacement des câbles, des cordons d'alimentation en courant alternatif de l'unité principale et des périphériques, dépendent du type d'équipement en essai et doivent être représentatifs de l'installation prévue pour l'équipement. La séparation entre les différentes unités doit être de 10 cm, à moins que, du fait de leur construction, une telle distance ne soit pas réalisable. Il convient dans ce cas de placer les unités aussi proches que possible les unes des autres (à une distance supérieure à 10 cm) et de noter la configuration dans le rapport d'essai. On distingue trois types de systèmes. En premier lieu, les systèmes normalement utilisés dans leur totalité sur une seule table, voir par exemple la Figure 6. Le second type de système comprend des équipements normalement posés au sol. Il comprend les systèmes montés sur un plancher surélevé, spécialement conçu, ce qui facilite la connexion entre les parties du système sous le plancher surélevé. Les équipements constituant le système posé au sol peuvent être interconnectés au moyen de câbles posés sur le plancher, sous le plancher dans une installation à plancher surélevé, ou bien encore en hauteur conformément à l'installation normale. Le troisième type comprend les systèmes qui sont la combinaison des systèmes posés au sol et de ceux posés sur table. La suite de ce paragraphe fournit des instructions d'essai pour chacun de ces types. De plus, les exigences spécifiques de 7.1 à 7.4 doivent être observées.

Les équipements d'un système, normalement posés sur le sol, doivent être placés sur un plancher conformément au 7.4.1. Les équipements conçus pour fonctionner à la fois sur une table et au sol doivent être soumis aux essais uniquement dans la configuration sur table.

#### 7.5.2.1 Conditions de fonctionnement

Le système doit être mis en œuvre à la tension de fonctionnement assignée (nominale) et dans des conditions de charge type – mécaniques ou électriques ou les deux à la fois – pour lesquelles il est conçu. Les charges peuvent être réelles ou simulées comme décrit dans les exigences particulières de l'équipement. Pour certains systèmes, il peut être nécessaire de développer un ensemble d'exigences explicites spécifiant les conditions d'essai, les types de fonctionnement, etc., devant être employés pour effectuer des essais sur un système spécifique.

Si le système comprend une console de visualisation ou un moniteur, les conditions de fonctionnement suivantes s'appliquent, sauf spécification contraire de la norme de produits:

- a) mettre le contraste au maximum;
- b) mettre la luminosité au maximum, ou au niveau d'extinction de la trame, si celle-ci apparaît avant d'atteindre le maximum de luminosité;
- c) pour les moniteurs couleur, utiliser des lettres blanches sur fond noir, pour représenter toutes les couleurs;

- d) choisir le cas le plus défavorable entre la vidéo négative ou la vidéo positive, si les deux possibilités sont disponibles;
- e) choisir la taille des caractères et leur nombre par ligne de manière à afficher sur l'écran le nombre maximal de caractères;
- f) pour un moniteur non graphique, sans tenir compte de la carte vidéo utilisée, un modèle de texte aléatoire doit être affiché;
- g) pour un moniteur graphique, même si une autre carte vidéo peut être nécessaire pour obtenir un affichage graphique, il convient d'afficher un modèle en ligne de H déroulants;
- h) si un moniteur ne dispose pas de capacités de texte, utiliser un affichage type.

#### 7.5.2.2 Matériels d'interface, simulateurs et câbles

Les essais de conformité sont effectués en plaçant des périphériques et des câbles d'une manière qui soit jugée réaliste et susceptible d'être retrouvée dans l'installation définitive. Les Figures 6, 9, 10 et 11 décrivent les montages d'essai normalisés qui fournissent une base pour la reproductibilité des essais dans les différents laboratoires d'essai; cette base est cohérente avec les exigences d'un système et d'une disposition des câbles réalistes. Tout écart par rapport aux montages d'essais normalisés doit faire l'objet d'un document comportant l'exposé des motifs.

Etant donné qu'un système est nécessairement en interaction fonctionnelle avec d'autres unités, il convient d'utiliser les unités d'interface réelles. Des simulateurs peuvent être utilisés pour obtenir des conditions de fonctionnement représentatives, à condition que les effets du simulateur utilisé à l'emplacement d'une unité d'interface représentent correctement les caractéristiques électriques, et mécaniques dans certains cas, des unités d'interface, particulièrement en ce qui concerne les signaux RF, les impédances et les terminaisons blindées. En raison du degré supplémentaire d'incertitude lors de l'utilisation d'un simulateur, il convient d'éviter si possible cette utilisation. En cas de contestation, les mesures effectuées avec une unité d'interface réelle doivent faire référence. Si un dispositif est conçu pour être utilisé uniquement avec un ordinateur central ou un périphérique spécifique, il convient d'effectuer les essais avec cet ordinateur ou ce périphérique.

Il convient d'employer des câbles d'interface typiques d'utilisation normale, tels qu'ils sont fournis avec le système normal et d'au moins 2 m de longueur, sauf si le manuel de l'utilisateur, fourni par le fabricant, spécifie l'utilisation de câbles plus courts. Il convient d'utiliser tout au long des essais le même type de câble (c'est-à-dire non blindé, blindage tressé, blindage à feuilles, etc.) spécifié dans le manuel de l'utilisateur. Les longueurs de câble supplémentaires doivent être repliées en un faisceau en forme de serpent, approximativement situé au centre du câble, en constituant des faisceaux d'une longueur de 40 cm au maximum de façon à ce que, dans la mesure du possible, leur longueur effective entre le matériel en essai et le matériel associé ne dépasse par 1 m.

Si des câbles blindés ou spéciaux sont utilisés lors des essais pour obtenir la conformité, il faut inclure une déclaration dans le rapport d'essai et dans le manuel d'instructions indiquant la nécessité d'utiliser ces types de câbles.

Si des champs magnétiques sont générés par des éléments du système (par exemple par des unités de visualisation), les boucles entre les connexions de mise à la masse et les lignes de mesure peuvent capter ces champs magnétiques et les résultats des mesures risquent d'être erronés du fait de l'accouplement de tensions dans ces boucles. Pour éviter le captage de ces champs magnétiques, il convient que les lignes de connexion (lignes de mise à la masse et lignes de mesure) soient aussi courtes que possible et torsadées.

Les accès d'interface (connecteurs) doivent avoir un câble connecté à l'un de chacun des types d'accès d'interface fonctionnels du système et chaque câble doit être raccordé à un dispositif typique de l'utilisation réelle. Dans le cas où il existe de multiples accès d'interface tous du même type, des câbles supplémentaires de connexion doivent être ajoutés au système pour déterminer leur effet sur les émissions provenant du système. Les mesures