CISPR 16-2-1

Edition 3.1 2017-06

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE

colour inside

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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

ICS 33.100.10, 33.100.20

ISBN 978-2-8322-4559-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CISPR 16-2-1

Edition 3.1 2017-06

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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



CISPR 16-2-1:2014-02+AMD1:2017-06 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 8
1 Scope 10
2 Normative references 10
3 Terms, definitions and abbreviations 11
3.1 Terms and definitions 11
3.2 Abbreviations 16
4 Types of disturbance to be measured 17
4.1 General 17
4.2 Types of disturbance 17
4.3 Detector functions 18
5 Connection of measuring equipment 18
5.1 General 18
5.2 Connection of ancillary equipment 18
5.3 Connections to ~~RF~~ reference ground 18
5.4 Connection between the EUT and the artificial ~~mains~~ network 20
6 General measurement requirements and conditions 21
6.1 General 21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test 21
6.2.1 General 21
6.2.2 Compliance testing 21
6.3 Measurement of continuous disturbance 21
6.3.1 Narrowband continuous disturbance 21
6.3.2 Broadband continuous disturbance 21
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers 22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions 22
6.4.1 EUT arrangement 22
6.4.2 Normal load conditions 24
6.4.3 Duration of operation 24
6.4.4 Running-in/warm-up time 24
6.4.5 Supply 25
6.4.6 Mode of operation 25
6.4.7 Operation of multifunction equipment 25
6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions 25
6.4.9 Recording of measurement results 25
6.5 Interpretation of measuring results 25
6.5.1 Continuous disturbance 25
6.5.2 Discontinuous disturbance 26
6.5.3 Measurement of the duration of disturbances 26
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance 26
6.6.1 General 26
6.6.2 Minimum measurement times 26
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers 27
6.6.4 Scan times for stepping receivers 28
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector 29

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments 32
7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz 34
7.1 General 34
7.2 Measuring equipment (receivers, etc.) 35
7.2.1 General 35
7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements 35
7.3 Ancillary measuring equipment 35
7.3.1 General 35
7.3.2 Artificial networks (ANs) 35
7.3.3 Voltage probes 36
7.3.4 Current probes 36
7.4 ~~Equipment under test~~ Configuration of the EUT and method of measurement 37
7.4.1 Arrangement of the EUT and its connection to the AN 37
7.4.2 Procedure for the measurement of ~~unsymmetric~~ disturbance voltages with ~~V-networks (AMNs)~~ ANs 43
7.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals 52
7.4.4 Measurements using voltage probes 53
7.4.5 Measurement using a capacitive voltage probe (CVP) 56
7.4.6 Measurements using current probes 56
7.5 System test configuration for conducted emissions measurements 57
7.5.1 General approach to system measurements 57
7.5.2 System configuration 58
7.5.3 Measurements of interconnecting lines 60
7.5.4 Decoupling of system components 60
7.6 In situ measurements 61
7.6.1 General 61
7.6.2 Reference ground 61
7.6.3 Measurement with voltage probes 61
7.6.4 Selection of measuring points 62
8 Automated measurement of disturbances 62
8.1 Precautions for automating measurements 62
8.2 Generic measurement procedure 63
8.3 Prescan measurements 63
8.4 Data reduction 64
8.5 Disturbance maximization and final measurement 64
8.6 Post processing and reporting 64
8.7 Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments 65
9 Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz 65
9.1 General 65
9.2 Test set-up 65
9.3 Measurement procedure 67
Annex A (informative) Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network 69
A.1 General 69
A.2 Classification of the possible cases 69
A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2) 69

A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4) 70
A.2.3 Practical general case 70
A.3 Method of grounding 72
A.4 Conditions of grounding 72
A.4.1 General 72
A.4.2 Classification of typical testing conditions 73
A.5 Connection of the AMN as a voltage probe 74
Annex B (informative) Use of spectrum analyzers and scanning receivers 76
B.1 General 76
B.2 Overload 76
B.3 Linearity test 76
B.4 Selectivity 76
B.5 Normal response to pulses 76
B.6 Peak detection 76
B.7 Frequency scan rate 77
B.8 Signal interception 77
B.9 Average detection 77
B.10 Sensitivity 77
B.11 Amplitude accuracy 78
Annex C (informative) Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements 79
Annex D (informative) Scan rates and measurement times for use with the average detector 81
D.1 General 81
D.2 Suppression of impulsive disturbance 81
D.2.1 General 81
D.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging 82
D.3 Suppression of amplitude modulation 82
D.4 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances 82
D.5 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements 84
Annex E (informative) Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs 85
E.1 In situ verification of the AN impedance and voltage division factor 85
E.2 PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops 88
Annex F (normative) Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests 90
Annex G (informative) Basic guidance for measurements on telecommunications ports 91
G.1 Limits 91
G.2 Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP) 92
G.3 Basic ideas of the capacitive voltage probe 92
G.4 Combination of current limit and voltage limit 93
G.5 Adjusting the TCM impedance with ferrites 95
G.6 Ferrite specifications for use with methods of Annex H 95
Annex H (normative) Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports 98
H.1 General 98

H.2 Characteristics of AANs 99
H.3 Characteristics of current probe 100
H.4 Characteristics of capacitive voltage probe 100
H.5 Procedures for common mode measurements 100
H.5.1 General 100
H.5.2 Measurement procedure using AANs 100
H.5.3 Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen 101
H.5.4 Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe 102
H.5.5 Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance 103
Annex I (informative) Examples of AANs and ANs for screened cables 105
Bibliography 114

Figure 1 – Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable 20
Figure 2 – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold 29
Figure 3 – Example of a timing analysis 30
Figure 4 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver 31
Figure 5 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum 32
Figure 6 – FFT scan in segments 33
Figure 7 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument 34
Figure 8 – Illustration of current I_{CCM} 37
Figure 9 – Test configuration: table-top ~~equipment~~ EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power ~~mains~~ ports and on analogue/digital data ports 39
Figure 10 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with a) vertical RGP and b) horizontal RGP 40
Figure 11 – Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached 40
Figure 12 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3) 42
Figure 13 – Example test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3) 43
Figure 14 – Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.3) 46
Figure 15 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT 47
Figure 16 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT 49
Figure 17 – RC element for artificial hand 50
Figure 18 – Portable electric drill with artificial hand 50
Figure 19 – Portable electric saw with artificial hand 51
~~Figure 20 – Measuring example for voltage probes .....~~
~~Figure 21 – Measurement arrangement for two-terminal regulating controls .....~~
Figure 22 – Generic process to help reduce measurement time 63
Figure 23 – Test set-up for measurement of an EUT with one cable 66

Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT 67

Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT 67

Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GCPC 41

Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ-AN used as voltage probes, and with a current probe 56

Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT 69

Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT 70

Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT 70

Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero 70

Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors 71

Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors 71

Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors 72

Figure A.8 – AMN configurations 74

Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors 79

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 83

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 83

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 84

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 84

Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance 85

Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding 86

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 86

Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet 86

Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP 87

Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP 87

Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding 87

Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement 88

Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers 89

Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω 94

Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance 94

Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2 96
Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites 97
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN 101
Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield 102
Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes 103
Figure H.4 – Characterization set-up 104
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs 105
Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs 106
Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs 107
Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs 108
Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs 109
Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs 110
Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs 111
Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid) 112
Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids 112
Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid) 113
Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids 113

Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors 27
Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands 27
Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable 75
Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate 77
Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth 82
Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates 83
Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals 90
Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H 92
Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection 98
Table H.2 – a_{LCL} values 99

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of CISPR 16-2-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS and CISPR/A/1062/RVD] and its amendment 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV and CISPR/A/1201/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

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

This third edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: Methods of measurement using a new type of ancillary equipment – the CDNE – are added.

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 the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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 that 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. ~~With a~~ The CDNE extends the frequency range ~~is 9 kHz~~ of conducted disturbance measurements to 300 Hz.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16 is a basic EMC standard for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

2 Normative references

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

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

CISPR 16-1-1:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 123
1 Domaine d'application 125
2 Références normatives 125
3 Termes, définitions et abréviations 126
3.1 Termes et définitions 126
3.2 Abréviations 132
4 Types de perturbations à mesurer 132
4.1 Généralités 132
4.2 Types de perturbations 133
4.3 Fonctions de détection 133
5 Connexion du matériel de mesure 133
5.1 Généralités 133
5.2 Connexion de l'équipement d'appoint 134
5.3 Connexions à la masse de référence ~~RF~~ 134
5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif ~~d'alimentation (AMN)~~ 136
6 Exigences et conditions générales de mesure 136
6.1 Généralités 136
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai 136
6.2.1 Généralités 136
6.2.2 Essais de conformité 136
6.3 Mesure d'une perturbation continue 137
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite 137
6.3.2 Perturbation continue à large bande 137
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage 137
6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai 137
6.4.1 Disposition du matériel en essai 137
6.4.2 Conditions de charge normales 140
6.4.3 Durée de fonctionnement 140
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage 140
6.4.5 Alimentation 140
6.4.6 Mode de fonctionnement 140
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples 140
6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions 141
6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure 141
6.5 Interprétation des résultats de mesure 141
6.5.1 Perturbations continues 141
6.5.2 Perturbations discontinues 142
6.5.3 Mesure de la durée des perturbations 142
6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues 142
6.6.1 Généralités 142
6.6.2 Temps de mesure minimaux 142

6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre 143
6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier 144
6.6.5 Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête 145
6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT 149
7 Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz 151
7.1 Généralités 151
7.2 Matériel de mesure (récepteurs, etc.) 151
7.2.1 Généralités 151
7.2.2 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites 151
7.3 Matériel de mesure d'appoint 152
7.3.1 Généralités 152
7.3.2 Réseaux fictifs (AN) 152
7.3.3 Sondes de courant 153
7.4 Configuration ~~du matériel en essai~~ de l'EUT et méthode de mesure 154
7.4.1 Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif 154
7.4.2 ~~Mode opératoire~~ Procédure de mesure des tensions perturbatrices ~~non symétriques avec des réseaux en V (AMN)~~ au moyen d'AN 160
7.4.3 Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel 169
7.4.4 Mesures au moyen de sondes de tension 170
7.4.5 Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP) 174
7.4.6 Mesures au moyen de sondes de courant 174
7.5 Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites 175
7.5.1 Approche générale des mesures des systèmes 175
7.5.2 Configuration du système 175
7.5.3 Mesures des lignes d'interconnexion 178
7.5.4 Découplage des composantes du système 179
7.6 Mesures in situ 179
7.6.1 Généralités 179
7.6.2 Masse de référence 180
7.6.3 Mesure au moyen de sondes de tension 180
7.6.4 Choix des points de mesure 180
8 Mesure automatisée des perturbations 181
8.1 Précautions pour les mesures automatisées 181
8.2 Mode opératoire général de mesure 181
8.3 Mesures par prébalayage 182
8.4 Réduction des données 183
8.5 Maximisation des perturbations et mesure finale 183
8.6 Post-traitement et compte-rendu 183
8.7 Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT 184
9 Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz 184
9.1 Généralités 184

9.2 Montage d'essai 184
9.3 Mode opératoire de mesure 187
Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation 188
A.1 Généralités 188
A.2 Classification des différents cas possibles 188
A.2.1 Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2) 188
A.2.2 Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4) 189
A.2.3 Cas général pratique 190
A.3 Méthode de mise à la masse 192
A.4 Conditions de mise à la masse 192
A.4.1 Généralités 192
A.4.2 Classement des conditions d'essai typiques 193
A.5 Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension 193
Annexe B (informative) Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage 196
B.1 Généralités 196
B.2 Surcharge 196
B.3 Essai de linéarité 196
B.4 Sélectivité 196
B.5 Réponse normale aux impulsions 196
B.6 Détection de crête 196
B.7 Vitesse de balayage en fréquence 197
B.8 Interception du signal 197
B.9 Détection de la valeur moyenne 197
B.10 Sensibilité 198
B.11 Précision en amplitude 198
Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites 199
Annexe D (informative) Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne 201
D.1 Généralités 201
D.2 Suppression des perturbations impulsives 201
D.2.1 Généralités 201
D.2.2 Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique 202
D.3 Suppression de la modulation d'amplitude 202
D.4 Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables 202
D.5 Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques 204
Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN) 205
E.1 Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension 205
E.2 Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse 208
Annexe F (normative) Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité 210

Annexe G (informative) Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication 211
G.1 Limites 211
G.2 Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP) 212
G.3 Principes de base concernant la sonde de tension capacitive 213
G.4 Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension 213
G.5 Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites 215
G.6 Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H 215
Annexe H (normative) Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication 218
H.1 Généralités 218
H.2 Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN) 219
H.3 Caractéristiques de la sonde de courant 220
H.4 Caractéristiques de la sonde de tension capacitive 220
H.5 Modes opératoires pour les mesures de mode commun 220
H.5.1 Généralités 220
H.5.2 Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN) 220
H.5.3 Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble 221
H.5.4 Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive 222
H.5.5 Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE) 223
Annexe I (informative) Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés 225
Bibliographie 234

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 135
Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue (“bande étroite”) et d'un signal impulsif (“large bande”) en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum 146
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle 147
Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier 148
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 de perturbation 148
Figure 6 – Balayage FFT en segments 150
Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT 150
Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM} 154
Figure 9 – Configuration d'essai: ~~matériel~~ EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les ~~conducteurs~~ accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et sur les accès de données analogiques/numériques 156
Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal 157
Figure 11 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d'alimentation fixé 157

Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3) 159
Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3) 160
Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3) 163
Figure 15 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité I (mis à la terre) 164
Figure 16 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité II (non mis à la terre) 166
Figure 17 – Élément RC pour main artificielle 167
Figure 18 – Perceuse électrique portative avec main artificielle 167
Figure 19 – Scie électrique portative avec main artificielle 168
~~Figure 20 – Exemple de mesure pour les sondes de tension .....~~
~~Figure 21 – Dispositif de mesure pour des commandes de régulation à deux bornes .....~~
Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure 182
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble 185
Figure 24 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à deux surfaces adjacentes du matériel en essai 186
Figure 25 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à la même surface du matériel en essai 186
Figure 26 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation en courant continu basse tension et en courant alternatif basse tension d'un GCPC 158
Figure 27 – Disposition de mesure type des perturbations conduites au niveau des accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et des accès d'alimentation en courant continu des matériels posés au sol avec un AMN et un AN en Δ utilisés comme sondes de tension, et avec une sonde de courant 174
Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés 189
Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés 189
Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites 190
Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro 190
Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés 190
Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés 191
Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires 191
Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation 194
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 199
Figure D 1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms 203
Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms 203

Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms 204

Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms 204

Figure E 1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de liaison de masse 205

Figure E.2 – Connexion d'un AMN au RGP au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance 206

Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse 206

Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse 206

Figure E. 5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP 207

Figure E. 6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au RGP 207

Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN 207

Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω 208

Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine 209

Figure G 1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de 150 Ω 214

Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue 214

Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2 216

Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites 217

Figure H 1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN) 221

Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage 222

Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive 223

Figure H.4 – Montage d'étalonnage 224

Figure I 1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées 225

Figure I.2 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une ou deux paires symétriques non blindées 226

Figure I.3 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une, deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées 227

Figure I.4 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées 228

Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées 229

Figure I.6 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées 230

Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées 231

Figure I.8 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire d'un conducteur central isolé et d'un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite) 232

Figure I.9 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un câble coaxial miniature (câble coaxial à blindage de cuivre plein semi-rigide ou à blindage miniature à double tresse) enroulé sur des tores en ferrite 232

Figure I.10 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire de plusieurs conducteurs de signaux isolés et un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite) 233

Figure I.11 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement d'un câble blindé multiconducteur sur des tores en ferrite 233

Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête 143

Tableau 2 – Temps de mesure minimaux pour les quatre bandes de la CISPR 143

Tableau A.2 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble blindé 195

Tableau B. 1– Durée/fréquence de balayage ou vitesse de balayage la plus élevée 197

Tableau D 1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz 202

Tableau D.2 – Contrôleurs de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes 203

Tableau F 1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux détectés de crête et de quasi-crête 210

Tableau G 1 – Résumé des avantages et des inconvénients des méthodes décrites dans les paragraphes spécifiques de l'Annexe H 212

Tableau H 1 – Choix du mode opératoire de mesure des perturbations sur les accès de télécommunication 218

Tableau H.2 – Valeurs de a_{ACL} 219

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 (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de la CISPR 16-2-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS et CISPR/A/1062/RVD] et son amendement 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV et CISPR/A/1201/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

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 troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: Des méthodes de mesure utilisant un nouveau type d'équipement d'appoint – dont l'acronyme est CDNE – ont été ajoutées.

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

Une liste de toutes les parties de la série CISPR 16, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

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~~ de base qui spécifie les méthodes de mesure des phénomènes ~~perturbateurs en général~~ de perturbation dans la ~~gamme~~ plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz, ~~et spécialement les perturbations conduites dans la gamme~~ d'une manière générale, et plus spécifiquement des phénomènes de perturbation conduite dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. ~~Avec un~~ Le CDNE étend la ~~gamme~~ plage de fréquences ~~est comprise entre 9 kHz et~~ des mesures des perturbations conduites jusqu'à 300 Hz.

NOTE Conformément au guide 107 de l'IEC, la CISPR 16 est une norme CEM fondamentale à l'intention des comités de produits de l'IEC. Comme l'indique le Guide 107, les comités de produits sont chargés de déterminer l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont disposés à collaborer avec les comités de produits pour l'appréciation de la valeur des essais CEM particuliers dédiés aux produits spécifiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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

CISPR 16-1-1:2010, *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 16-1-2:2014, *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 – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-4-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible sous <http://www.electropedia.org>)

CISPR 16-2-1

Edition 3.1 2017-06

FINAL VERSION

VERSION FINALE

colour inside

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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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



CISPR 16-2-1:2014-02+AMD1:2017-06 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 8
1 Scope 10
2 Normative references 10
3 Terms, definitions and abbreviations 10
3.1 Terms and definitions 10
3.2 Abbreviations 17
4 Types of disturbance to be measured 17
4.1 General 17
4.2 Types of disturbance 17
4.3 Detector functions 18
5 Connection of measuring equipment 18
5.1 General 18
5.2 Connection of ancillary equipment 18
5.3 Connections to reference ground 18
5.4 Connection between the EUT and the artificial network 20
6 General measurement requirements and conditions 21
6.1 General 21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test 21
6.2.1 General 21
6.2.2 Compliance testing 21
6.3 Measurement of continuous disturbance 21
6.3.1 Narrowband continuous disturbance 21
6.3.2 Broadband continuous disturbance 21
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers 22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions 22
6.4.1 EUT arrangement 22
6.4.2 Normal load conditions 24
6.4.3 Duration of operation 24
6.4.4 Running-in/warm-up time 24
6.4.5 Supply 25
6.4.6 Mode of operation 25
6.4.7 Operation of multifunction equipment 25
6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions 25
6.4.9 Recording of measurement results 25
6.5 Interpretation of measuring results 25
6.5.1 Continuous disturbance 25
6.5.2 Discontinuous disturbance 26
6.5.3 Measurement of the duration of disturbances 26
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance 26
6.6.1 General 26
6.6.2 Minimum measurement times 26
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers 27
6.6.4 Scan times for stepping receivers 28
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector 29

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments 32
7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz 34
7.1 General 34
7.2 Measuring equipment (receivers, etc.) 35
7.2.1 General 35
7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements 35
7.3 Ancillary measuring equipment 35
7.3.1 General 35
7.3.2 Artificial networks (ANs) 35
7.3.3 Voltage probes 36
7.3.4 Current probes 36
7.4 Configuration of the EUT and method of measurement 37
7.4.1 Arrangement of the EUT and its connection to the AN 37
7.4.2 Procedure for the measurement of disturbance voltages with ANs 43
7.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals 52
7.4.4 Measurements using voltage probes 53
7.4.5 Measurement using a capacitive voltage probe (CVP) 55
7.4.6 Measurements using current probes 55
7.5 System test configuration for conducted emissions measurements 56
7.5.1 General approach to system measurements 56
7.5.2 System configuration 56
7.5.3 Measurements of interconnecting lines 59
7.5.4 Decoupling of system components 59
7.6 In situ measurements 59
7.6.1 General 59
7.6.2 Reference ground 60
7.6.3 Measurement with voltage probes 60
7.6.4 Selection of measuring points 60
8 Automated measurement of disturbances 61
8.1 Precautions for automating measurements 61
8.2 Generic measurement procedure 61
8.3 Prescan measurements 62
8.4 Data reduction 63
8.5 Disturbance maximization and final measurement 63
8.6 Post processing and reporting 63
8.7 Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments 63
9 Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz 64
9.1 General 64
9.2 Test set-up 64
9.3 Measurement procedure 66
Annex A (informative) Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network 68
A.1 General 68
A.2 Classification of the possible cases 68
A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2) 68

A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4) 69
A.2.3 Practical general case 69
A.3 Method of grounding 71
A.4 Conditions of grounding 71
A.4.1 General 71
A.4.2 Classification of typical testing conditions 72
A.5 Connection of the AMN as a voltage probe 73
Annex B (informative) Use of spectrum analyzers and scanning receivers 75
B.1 General 75
B.2 Overload 75
B.3 Linearity test 75
B.4 Selectivity 75
B.5 Normal response to pulses 75
B.6 Peak detection 75
B.7 Frequency scan rate 76
B.8 Signal interception 76
B.9 Average detection 76
B.10 Sensitivity 76
B.11 Amplitude accuracy 77
Annex C (informative) Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements 78
Annex D (informative) Scan rates and measurement times for use with the average detector 80
D.1 General 80
D.2 Suppression of impulsive disturbance 80
D.2.1 General 80
D.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging 81
D.3 Suppression of amplitude modulation 81
D.4 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances 81
D.5 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements 83
Annex E (informative) Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs 84
E.1 In situ verification of the AN impedance and voltage division factor 84
E.2 PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops 87
Annex F (normative) Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests 89
Annex G (informative) Basic guidance for measurements on telecommunications ports 90
G.1 Limits 90
G.2 Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP) 91
G.3 Basic ideas of the capacitive voltage probe 91
G.4 Combination of current limit and voltage limit 92
G.5 Adjusting the TCM impedance with ferrites 94
G.6 Ferrite specifications for use with methods of Annex H 94
Annex H (normative) Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports 97
H.1 General 97

H.2 Characteristics of AANs 98
H.3 Characteristics of current probe 99
H.4 Characteristics of capacitive voltage probe 99
H.5 Procedures for common mode measurements 99
H.5.1 General 99
H.5.2 Measurement procedure using AANs 99
H.5.3 Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen 100
H.5.4 Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe 101
H.5.5 Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance 102
Annex I (informative) Examples of AANs and ANs for screened cables 104
Bibliography 113

Figure 1 – Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable 20
Figure 2 – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold 29
Figure 3 – Example of a timing analysis 30
Figure 4 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver 31
Figure 5 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum 32
Figure 6 – FFT scan in segments 33
Figure 7 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument 34
Figure 8 – Illustration of current I_{CCM} 37
Figure 9 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power ports and on analogue/digital data ports 39
Figure 10 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with a) vertical RGP and b) horizontal RGP 40
Figure 11 – Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached 40
Figure 12 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3) 42
Figure 13 – Example test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3) 43
Figure 14 – Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.3) 46
Figure 15 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT 47
Figure 16 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT 49
Figure 17 – RC element for artificial hand 50
Figure 18 – Portable electric drill with artificial hand 50
Figure 19 – Portable electric saw with artificial hand 51
Figure 22 – Generic process to help reduce measurement time 62
Figure 23 – Test set-up for measurement of an EUT with one cable 65
Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT 66

Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT 66
Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GCPC 41
Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ-AN used as voltage probes, and with a current probe 55
Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT 68
Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT 69
Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT 69
Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero 69
Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors 70
Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors 70
Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors 71
Figure A.8 – AMN configurations 73
Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors 78
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 82
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 82
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 83
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 83
Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance 84
Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding 85
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 85
Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet 85
Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP 86
Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP 86
Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding 86
Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement 87
Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers 88
Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω 93
Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance 93
Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2 95

Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites 96
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN 100
Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield 101
Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes 102
Figure H.4 – Characterization set-up 103
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs 104
Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs 105
Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs 106
Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs 107
Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs 108
Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs 109
Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs 110
Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid) 111
Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids 111
Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid) 112
Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids 112

Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors 27
Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands 27
Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable 74
Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate 76
Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth 81
Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates 82
Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals 89
Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H 91
Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection 97
Table H.2 – a_{LCL} values 98

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of CISPR 16-2-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS and CISPR/A/1062/RVD] and its amendment 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV and CISPR/A/1201/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

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

This third edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: Methods of measurement using a new type of ancillary equipment – the CDNE – are added.

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 the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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 that 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. The CDNE extends the frequency range of conducted disturbance measurements to 300 Hz.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16 is a basic EMC standard for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

2 Normative references

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

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

CISPR 16-1-1:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 121
1 Domaine d'application 123
2 Références normatives 123
3 Termes, définitions et abréviations 124
3.1 Termes et définitions 124
3.2 Abréviations 129
4 Types de perturbations à mesurer 130
4.1 Généralités 130
4.2 Types de perturbations 130
4.3 Fonctions de détection 131
5 Connexion du matériel de mesure 131
5.1 Généralités 131
5.2 Connexion de l'équipement d'appoint 131
5.3 Connexions à la masse de référence 132
5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif 133
6 Exigences et conditions générales de mesure 134
6.1 Généralités 134
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai 134
6.2.1 Généralités 134
6.2.2 Essais de conformité 134
6.3 Mesure d'une perturbation continue 135
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite 135
6.3.2 Perturbation continue à large bande 135
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage 135
6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai 135
6.4.1 Disposition du matériel en essai 135
6.4.2 Conditions de charge normales 138
6.4.3 Durée de fonctionnement 138
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage 138
6.4.5 Alimentation 138
6.4.6 Mode de fonctionnement 138
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples 138
6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions 139
6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure 139
6.5 Interprétation des résultats de mesure 139
6.5.1 Perturbations continues 139
6.5.2 Perturbations discontinues 140
6.5.3 Mesure de la durée des perturbations 140
6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues 140
6.6.1 Généralités 140
6.6.2 Temps de mesure minimaux 140
6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre 141

6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier 142
6.6.5 Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête 143
6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT 147
7 Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz 149
7.1 Généralités 149
7.2 Matériel de mesure (récepteurs, etc.) 149
7.2.1 Généralités 149
7.2.2 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites 149
7.3 Matériel de mesure d'appoint 150
7.3.1 Généralités 150
7.3.2 Réseaux fictifs (AN) 150
7.3.3 Sondes de courant 151
7.4 Configuration de l'EUT et méthode de mesure 152
7.4.1 Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif 152
7.4.2 Procédure de mesure des tensions perturbatrices au moyen d'AN 158
7.4.3 Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel 167
7.4.4 Mesures au moyen de sondes de tension 168
7.4.5 Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP) 170
7.4.6 Mesures au moyen de sondes de courant 171
7.5 Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites 171
7.5.1 Approche générale des mesures des systèmes 171
7.5.2 Configuration du système 172
7.5.3 Mesures des lignes d'interconnexion 175
7.5.4 Découplage des composantes du système 175
7.6 Mesures in situ 175
7.6.1 Généralités 175
7.6.2 Masse de référence 176
7.6.3 Mesure au moyen de sondes de tension 176
7.6.4 Choix des points de mesure 177
8 Mesure automatisée des perturbations 177
8.1 Précautions pour les mesures automatisées 177
8.2 Mode opératoire général de mesure 178
8.3 Mesures par prébalayage 178
8.4 Réduction des données 179
8.5 Maximisation des perturbations et mesure finale 179
8.6 Post-traitement et compte-rendu 180
8.7 Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT 180
9 Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz 180
9.1 Généralités 180
9.2 Montage d'essai 181
9.3 Mode opératoire de mesure 183

Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation 184
A.1 Généralités 184
A.2 Classification des différents cas possibles 184
A.2.1 Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2) 184
A.2.2 Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4) 185
A.2.3 Cas général pratique 186
A.3 Méthode de mise à la masse 188
A.4 Conditions de mise à la masse 188
A.4.1 Généralités 188
A.4.2 Classement des conditions d'essai typiques 189
A.5 Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension 189
Annexe B (informative) Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage 192
B.1 Généralités 192
B.2 Surcharge 192
B.3 Essai de linéarité 192
B.4 Sélectivité 192
B.5 Réponse normale aux impulsions 192
B.6 Détection de crête 192
B.7 Vitesse de balayage en fréquence 193
B.8 Interception du signal 193
B.9 Détection de la valeur moyenne 193
B.10 Sensibilité 194
B.11 Précision en amplitude 194
Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites 195
Annexe D (informative) Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne 197
D.1 Généralités 197
D.2 Suppression des perturbations impulsives 197
D.2.1 Généralités 197
D.2.2 Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique 198
D.3 Suppression de la modulation d'amplitude 198
D.4 Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables 198
D.5 Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques 200
Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN) 201
E.1 Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension 201
E.2 Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse 204
Annexe F (normative) Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité 206
Annexe G (informative) Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication 207

G.1 Limites 207
G.2 Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP) 208
G.3 Principes de base concernant la sonde de tension capacitive 209
G.4 Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension 209
G.5 Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites 211
G.6 Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H 211
Annexe H (normative) Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication 214
H.1 Généralités 214
H.2 Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN) 215
H.3 Caractéristiques de la sonde de courant 216
H.4 Caractéristiques de la sonde de tension capacitive 216
H.5 Modes opératoires pour les mesures de mode commun 216
H.5.1 Généralités 216
H.5.2 Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN) 216
H.5.3 Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble 217
H.5.4 Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive 218
H.5.5 Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE) 219
Annexe I (informative) Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés 221
Bibliographie 230

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 133
Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue (“bande étroite”) et d'un signal impulsif (“large bande”) en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum 144
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle 145
Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier 146
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 de perturbation 146
Figure 6 – Balayage FFT en segments 148
Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT 148
Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM} 152
Figure 9 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d’alimentation secteur en courant alternatif basse tension et sur les accès de données analogiques/numériques 154
Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal 155
Figure 11 – Exemple de configuration d’essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d’alimentation fixé 155
Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3) 157

Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3) 158
Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3) 161
Figure 15 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité I (mis à la terre) 162
Figure 16 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité II (non mis à la terre) 164
Figure 17 – Élément RC pour main artificielle 165
Figure 18 – Perceuse électrique portative avec main artificielle 165
Figure 19 – Scie électrique portative avec main artificielle 166
Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure 178
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble 182
Figure 24 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à deux surfaces adjacentes du matériel en essai 182
Figure 25 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à la même surface du matériel en essai 183
Figure 26 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation en courant continu basse tension et en courant alternatif basse tension d'un GCPC 156
Figure 27 – Disposition de mesure type des perturbations conduites au niveau des accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et des accès d'alimentation en courant continu des matériels posés au sol avec un AMN et un AN en Δ utilisés comme sondes de tension, et avec une sonde de courant 170
Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés 185
Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés 185
Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites 186
Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro 186
Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés 186
Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés 187
Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires 187
Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation 190
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 195
Figure D 1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms 199
Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms 199
Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms 200

Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms 200

Figure E 1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de liaison de masse 201

Figure E.2 – Connexion d'un AMN au RGP au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance 202

Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse 202

Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse 202

Figure E. 5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP 203

Figure E. 6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au RGP 203

Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN 203

Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω 204

Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine 205

Figure G 1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de 150 Ω 210

Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue 210

Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2 212

Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites 213

Figure H 1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN) 217

Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage 218

Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive 219

Figure H.4 – Montage d'étalonnage 220

Figure I 1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées 221

Figure I.2 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une ou deux paires symétriques non blindées 222

Figure I.3 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une, deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées 223

Figure I.4 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées 224

Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées 225

Figure I.6 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées 226

Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées 227

Figure I.8 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire d'un conducteur central isolé et d'un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite) 228

Figure I.9 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un câble coaxial miniature (câble coaxial à blindage de cuivre plein semi-rigide ou à blindage miniature à double tresse) enroulé sur des tores en ferrite 228

Figure I.10 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire de plusieurs conducteurs de signaux isolés et un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite) 229

Figure I.11 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement d'un câble blindé multiconducteur sur des tores en ferrite 229

Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête 141

Tableau 2 – Temps de mesure minimaux pour les quatre bandes de la CISPR 141

Tableau A.2 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble blindé 191

Tableau B. 1– Durée/fréquence de balayage ou vitesse de balayage la plus élevée 193

Tableau D 1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz 198

Tableau D.2 – Contrôleurs de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes 199

Tableau F 1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux détectés de crête et de quasi-crête 206

Tableau G 1 – Résumé des avantages et des inconvénients des méthodes décrites dans les paragraphes spécifiques de l'Annexe H 208

Tableau H 1 – Choix du mode opératoire de mesure des perturbations sur les accès de télécommunication 214

Tableau H.2 – Valeurs de a_{ACL} 215

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 (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de la CISPR 16-2-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS et CISPR/A/1062/RVD] et son amendement 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV et CISPR/A/1201/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

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 troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: Des méthodes de mesure utilisant un nouveau type d'équipement d'appoint – dont l'acronyme est CDNE – ont été ajoutées.

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

Une liste de toutes les parties de la série CISPR 16, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

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 de base qui spécifie les méthodes de mesure des phénomènes de perturbation dans la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz, d'une manière générale, et plus spécifiquement des phénomènes de perturbation conduite dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. Le CDNE étend la plage de fréquences des mesures des perturbations conduites jusqu'à 300 Hz.

NOTE Conformément au guide 107 de l'IEC, la CISPR 16 est une norme CEM fondamentale à l'intention des comités de produits de l'IEC. Comme l'indique le Guide 107, les comités de produits sont chargés de déterminer l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont disposés à collaborer avec les comités de produits pour l'appréciation de la valeur des essais CEM particuliers dédiés aux produits spécifiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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

CISPR 16-1-1:2010, *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 16-1-2:2014, *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 – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-4-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible sous <http://www.electropedia.org>)