



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

PRICE CODE
CODE PRIX

XE

ICS 33.100.10, 33.100.20

ISBN 978-2-8322-1445-9

**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.**

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.....	17
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.....	19
6 General measurement requirements and conditions	20
6.1 General.....	20
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test.....	20
6.2.1 General	20
6.2.2 Compliance testing	20
6.3 Measurement of continuous disturbance	20
6.3.1 Narrowband continuous disturbance	20
6.3.2 Broadband continuous disturbance	20
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers.....	21
6.4 EUT arrangement and measurement conditions	21
6.4.1 EUT arrangement	21
6.4.2 Normal load conditions	23
6.4.3 Duration of operation	23
6.4.4 Running-in/warm-up time	23
6.4.5 Supply	24
6.4.6 Mode of operation.....	24
6.4.7 Operation of multifunction equipment.....	24
6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions	24
6.4.9 Recording of measurement results.....	24
6.5 Interpretation of measuring results.....	24
6.5.1 Continuous disturbance	24
6.5.2 Discontinuous disturbance.....	25
6.5.3 Measurement of the duration of disturbances.....	25
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance	25
6.6.1 General	25
6.6.2 Minimum measurement times	25
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers.....	26
6.6.4 Scan times for stepping receivers	27
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	28

6.6.6	Timing considerations using FFT-based instruments.....	31
7	Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz	33
7.1	General.....	33
7.2	Measuring equipment (receivers, etc.)	33
7.2.1	General	33
7.2.2	Use of detectors for conducted disturbance measurements	33
7.3	Ancillary measuring equipment	34
7.3.1	General	34
7.3.2	Artificial networks (ANs)	34
7.3.3	Voltage probes	34
7.3.4	Current probes	35
7.4	Equipment under test configuration.....	35
7.4.1	Arrangement of the EUT and its connection to the AN.....	35
7.4.2	Procedure for the measurement of unsymmetric disturbance voltages with V-networks (AMNs)	40
7.4.3	Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals	47
7.4.4	Measurements using voltage probes.....	48
7.4.5	Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)	51
7.4.6	Measurements using current probes	51
7.5	System test configuration for conducted emissions measurements	51
7.5.1	General approach to system measurements	51
7.5.2	System configuration	52
7.5.3	Measurements of interconnecting lines	54
7.5.4	Decoupling of system components.....	55
7.6	In situ measurements.....	55
7.6.1	General	55
7.6.2	Reference ground	55
7.6.3	Measurement with voltage probes.....	56
7.6.4	Selection of measuring points.....	56
8	Automated measurement of disturbances	56
8.1	Precautions for automating measurements.....	56
8.2	Generic measurement procedure	57
8.3	Prescan measurements	57
8.4	Data reduction	58
8.5	Disturbance maximization and final measurement.....	58
8.6	Post processing and reporting.....	59
8.7	Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments	59
9	Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz	59
9.1	General.....	59
9.2	Test set-up	60
9.3	Measurement procedure	62
Annex A (informative) Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network		63
A.1	General.....	63
A.2	Classification of the possible cases.....	63
A.2.1	Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2).....	63

A.2.2	Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)	64
A.2.3	Practical general case	64
A.3	Method of grounding	66
A.4	Conditions of grounding	66
A.4.1	General	66
A.4.2	Classification of typical testing conditions	67
A.5	Connection of the AMN as a voltage probe	68
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	70
B.1	General.....	70
B.2	Overload	70
B.3	Linearity test.....	70
B.4	Selectivity	70
B.5	Normal response to pulses.....	70
B.6	Peak detection	70
B.7	Frequency scan rate	71
B.8	Signal interception	71
B.9	Average detection.....	71
B.10	Sensitivity	71
B.11	Amplitude accuracy.....	72
Annex C (informative)	Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements	73
Annex D (informative)	Scan rates and measurement times for use with the average detector	75
D.1	General.....	75
D.2	Suppression of impulsive disturbance	75
D.2.1	General	75
D.2.2	Suppression of impulsive disturbance by digital averaging.....	76
D.3	Suppression of amplitude modulation.....	76
D.4	Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances	76
D.5	Recommended procedure for automated or semi-automated measurements	78
Annex E (informative)	Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs	79
E.1	In situ verification of the AN impedance and voltage division factor.....	79
E.2	PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops.....	82
Annex F (normative)	Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests.....	84
Annex G (informative)	Basic guidance for measurements on telecommunications ports	85
G.1	Limits.....	85
G.2	Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP).....	86
G.3	Basic ideas of the capacitive voltage probe.....	86
G.4	Combination of current limit and voltage limit.....	87
G.5	Adjusting the TCM impedance with ferrites	89
G.6	Ferrite specifications for use with methods of Annex H	89
Annex H (normative)	Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports	92
H.1	General.....	92

H.2	Characteristics of AANs	93
H.3	Characteristics of current probe	94
H.4	Characteristics of capacitive voltage probe	94
H.5	Procedures for common mode measurements	94
H.5.1	General	94
H.5.2	Measurement procedure using AANs	94
H.5.3	Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen	95
H.5.4	Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe	96
H.5.5	Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance	97
Annex I (informative)	Examples of AANs and ANs for screened cables	99
Bibliography	108
Figure 1	– Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable	19
Figure 2	– Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold	28
Figure 3	– Example of a timing analysis	29
Figure 4	– A broadband spectrum measured with a stepped receiver	30
Figure 5	– Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum	30
Figure 6	– FFT scan in segments	32
Figure 7	– Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	32
Figure 8	– Illustration of current I_{CCM}	35
Figure 9	– Test configuration: table-top equipment for conducted disturbance measurements on power mains	37
Figure 10	– Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with a) vertical RGP and b) horizontal RGP	38
Figure 11	– Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached	38
Figure 12	– Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	39
Figure 13	– Example test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	40
Figure 14	– Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.3)	42
Figure 15	– Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT	43
Figure 16	– Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT	44
Figure 17	– RC element for artificial hand	46
Figure 18	– Portable electric drill with artificial hand	46
Figure 19	– Portable electric saw with artificial hand	46
Figure 20	– Measuring example for voltage probes	49
Figure 21	– Measurement arrangement for two-terminal regulating controls	50
Figure 22	– Generic process to help reduce measurement time	57
Figure 23	– Test set-up for measurement of an EUT with one cable	61

Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT	61
Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT	62
Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT	63
Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT	64
Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT	64
Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero	64
Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors	65
Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors	65
Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors	66
Figure A.8 – AMN configurations	68
Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors	73
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	77
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	77
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	78
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	78
Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance	79
Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding	80
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	80
Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet	80
Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP	81
Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP	81
Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding	81
Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement	82
Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers	83
Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω	88
Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance	88
Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2	90
Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites	91
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN	95

Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield.....	96
Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes.....	97
Figure H.4 – Characterization set-up.....	98
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs.....	99
Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs.....	100
Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs.....	101
Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs.....	102
Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs.....	103
Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs.....	104
Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs.....	105
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).....	106
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.....	106
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).....	107
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.....	107
Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors.....	26
Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands.....	26
Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable.....	69
Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate.....	71
Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth.....	76
Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates.....	77
Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals.....	84
Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H.....	86
Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection.....	92
Table H.2 – a_{LCL} values.....	93

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.

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2008, Amendment 1:2010 and Amendment 2:2013. This 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.

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

FDIS	Report on voting
CISPR/A/1053/FDIS	CISPR/A/1062/RVD

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

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the 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, which specifies the methods of measurement of disturbance phenomena in general in the frequency range 9 kHz to 18 GHz and especially of conducted disturbance phenomena in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. With a CDNE, the frequency range is 9 kHz 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	117
1 Domaine d'application	119
2 Références normatives	119
3 Termes, définitions et abréviations	120
3.1 Termes et définitions	120
3.2 Abréviations	125
4 Types de perturbations à mesurer	126
4.1 Généralités	126
4.2 Types de perturbations	126
4.3 Fonctions de détection	127
5 Connexion du matériel de mesure	127
5.1 Généralités	127
5.2 Connexion de l'équipement d'appoint	127
5.3 Connexions à la masse de référence RF	127
5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif d'alimentation (AMN)	129
6 Exigences et conditions générales de mesure	130
6.1 Généralités	130
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai	130
6.2.1 Généralités	130
6.2.2 Essais de conformité	130
6.3 Mesure d'une perturbation continue	130
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	130
6.3.2 Perturbation continue à large bande	131
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage	131
6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai	131
6.4.1 Disposition du matériel en essai	131
6.4.2 Conditions de charge normales	134
6.4.3 Durée de fonctionnement	134
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage	134
6.4.5 Alimentation	134
6.4.6 Mode de fonctionnement	134
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples	134
6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions	135
6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure	135
6.5 Interprétation des résultats de mesure	135
6.5.1 Perturbations continues	135
6.5.2 Perturbations discontinues	136
6.5.3 Mesure de la durée des perturbations	136
6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues	136
6.6.1 Généralités	136
6.6.2 Temps de mesure minimaux	136
6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre	137

6.6.4	Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier.....	138
6.6.5	Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête.....	139
6.6.6	Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	142
7	Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz	144
7.1	Généralités	144
7.2	Matériel de mesure (récepteurs, etc.).....	145
7.2.1	Généralités	145
7.2.2	Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites.....	145
7.3	Matériel de mesure d'appoint	145
7.3.1	Généralités	145
7.3.2	Réseaux fictifs (AN).....	145
7.3.3	Sondes de tension	146
7.3.4	Sondes de courant.....	146
7.4	Configuration du matériel en essai	147
7.4.1	Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif	147
7.4.2	Mode opératoire de mesure des tensions perturbatrices non symétriques avec des réseaux en V (AMN).....	152
7.4.3	Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel.....	160
7.4.4	Mesures au moyen de sondes de tension	161
7.4.5	Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP).....	163
7.4.6	Mesures au moyen de sondes de courant	164
7.5	Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites	164
7.5.1	Approche générale des mesures des systèmes	164
7.5.2	Configuration du système	165
7.5.3	Mesures des lignes d'interconnexion	167
7.5.4	Découplage des composantes du système.....	168
7.6	Mesures in situ	168
7.6.1	Généralités	168
7.6.2	Masse de référence	169
7.6.3	Mesure au moyen de sondes de tension	169
7.6.4	Choix des points de mesure.....	169
8	Mesure automatisée des perturbations	170
8.1	Précautions pour les mesures automatisées	170
8.2	Mode opératoire général de mesure	170
8.3	Mesures par prébalayage.....	171
8.4	Réduction des données.....	172
8.5	Maximisation des perturbations et mesure finale	172
8.6	Post-traitement et compte-rendu	172
8.7	Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT.....	173
9	Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz	173
9.1	Généralités	173
9.2	Montage d'essai.....	173

9.3	Mode opératoire de mesure	176
Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation		
A.1	Généralités	177
A.2	Classification des différents cas possibles	177
A.2.1	Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2)	177
A.2.2	Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4)	178
A.2.3	Cas général pratique	178
A.3	Méthode de mise à la masse	180
A.4	Conditions de mise à la masse	180
A.4.1	Généralités	180
A.4.2	Classement des conditions d'essai typiques	182
A.5	Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension	182
Annexe B (informative) Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage		
B.1	Généralités	185
B.2	Surcharge	185
B.3	Essai de linéarité	185
B.4	Sélectivité	185
B.5	Réponse normale aux impulsions	185
B.6	Détection de crête	185
B.7	Vitesse de balayage en fréquence	186
B.8	Interception du signal	186
B.9	Détection de la valeur moyenne	186
B.10	Sensibilité	187
B.11	Précision en amplitude	187
Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites		
Annexe D (informative) Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne		
D.1	Généralités	190
D.2	Suppression des perturbations impulsives	190
D.2.1	Généralités	190
D.2.2	Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique	191
D.3	Suppression de la modulation d'amplitude	191
D.4	Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables	191
D.5	Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques	193
Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN)		
E.1	Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension	194
E.2	Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse	197
Annexe F (normative) Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité		
		199

Annexe G (informative) Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication	200
G.1 Limites	200
G.2 Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP)	201
G.3 Principes de base concernant la sonde de tension capacitive	202
G.4 Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension	202
G.5 Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites	204
G.6 Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H	204
Annexe H (normative) Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication	207
H.1 Généralités	207
H.2 Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN)	208
H.3 Caractéristiques de la sonde de courant	209
H.4 Caractéristiques de la sonde de tension capacitive	209
H.5 Modes opératoires pour les mesures de mode commun	209
H.5.1 Généralités	209
H.5.2 Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN)	209
H.5.3 Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble	210
H.5.4 Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive	211
H.5.5 Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE)	212
Annexe I (informative) Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés	214
Bibliographie	223
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	129
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	139
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle	140
Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier	141
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	142
Figure 6 – Balayage FFT en segments	143
Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT 144	
Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM}	147
Figure 9 – Configuration d'essai: matériel sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les conducteurs d'alimentation	149
Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal	150
Figure 11 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d'alimentation fixé	150

Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3).....	151
Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3).....	152
Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3).....	154
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).....	155
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).....	156
Figure 17 – Élément RC pour main artificielle	158
Figure 18 – Perceuse électrique portative avec main artificielle	158
Figure 19 – Scie électrique portative avec main artificielle	158
Figure 20 – Exemple de mesure pour les sondes de tension.....	162
Figure 21 – Dispositif de mesure pour des commandes de régulation à deux bornes	162
Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure.....	171
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble.....	174
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	175
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	175
Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	177
Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	178
Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites.....	178
Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro.....	178
Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés	179
Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés	179
Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires	180
Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation	183
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.....	188
Figure D.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détecteurs de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms.....	192
Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détecteurs de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms.....	192
Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détecteurs de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms	193
Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détecteurs de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms	193

Figure E.1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de liaison de masse	194
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	195
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	195
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	195
Figure E.5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP	196
Figure E.6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au RGP	196
Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN	196
Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω	197
Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine	198
Figure G.1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de 150 Ω	203
Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue	203
Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2	205
Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites	206
Figure H.1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN)	210
Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage	211
Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive	212
Figure H.4 – Montage d'étalonnage	213
Figure I.1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées	214
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	215
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	216
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	217
Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées	218
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	219
Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées	220
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	