

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

**Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas
and test sites for radiated disturbance measurements**

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

**Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de
l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements
d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-8547-3

**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.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



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

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

**Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas
and test sites for radiated disturbance measurements**

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

**Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de
l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements
d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées**

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.2 Abbreviated terms.....	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	16
4.1 General.....	16
4.2 Physical parameter (measurand) for radiated disturbance measurements	16
4.3 Antennas for the frequency range 9 kHz to 150 kHz.....	17
4.3.1 General.....	17
4.3.2 Magnetic field antenna.....	17
4.3.3 Shielding of loop antenna	17
4.4 Antennas for the frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	17
4.4.1 Electric field antenna	17
4.4.2 Magnetic field antenna.....	18
4.4.3 Balance and electric field discrimination of antennas	18
4.5 Antennas for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	18
4.5.1 General.....	18
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the electric disturbance field strength limit	18
4.5.3 Antenna characteristics.....	18
4.5.4 Balance of antenna	20
4.5.5 Cross-polar response of antenna	22
4.6 Antennas for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	23
4.6.1 General.....	23
4.6.2 Receive antenna	23
4.7 Special antenna arrangements – large-loop antenna system.....	25
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 9 kHz to 30 MHz	26
6 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz	26
6.1 General.....	26
6.2 OATS.....	26
6.2.1 General.....	26
6.2.2 Weather-protection enclosure	26
6.2.3 Obstruction-free area	26
6.2.4 Radio-frequency ambient environment of a test site	28
6.2.5 Ground plane.....	28
6.3 Suitability of other test sites	28
6.3.1 Other ground-plane test sites.....	28
6.3.2 Test sites without ground plane (FAR)	29
6.4 Test site validations	29
6.4.1 General.....	29
6.4.2 Overview of test site validations.....	30
6.5 Basic parameters of the NSA method for OATS and SAC.....	30

6.5.1	General equation and table of theoretical NSA values.....	30
6.5.2	Antenna calibration	34
6.6	Reference site method for OATS and SAC	34
6.6.1	General.....	34
6.6.2	Antennas not permitted for RSM measurements	35
6.6.3	Determination of the antenna pair reference site attenuation on a REFTS	35
6.6.4	Determination of the antenna pair reference site attenuation using an averaging technique on a large OATS.....	36
6.7	Validation of an OATS by the NSA method	39
6.7.1	Discrete frequency method	39
6.7.2	Swept frequency method.....	40
6.8	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC	41
6.9	Possible causes for exceeding site acceptability limits	43
6.10	Site validation for FARs	44
6.10.1	General.....	44
6.10.2	RSM for FAR sites	48
6.10.3	NSA method for FAR sites	50
6.10.4	Site validation criteria for FAR sites	52
6.11	Evaluation of set-up table and antenna tower.....	52
6.11.1	General.....	52
6.11.2	Evaluation procedure for set-up table influences	53
7	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz	54
7.1	General.....	54
7.2	Reference test site.....	55
7.3	Test site validation.....	55
7.3.1	General.....	55
7.3.2	Acceptance criterion for site validation.....	56
7.4	Antenna requirements for S_{VSWR} standard test procedure	56
7.4.1	General.....	56
7.4.2	Transmit antenna	57
7.4.3	Antennas and test equipment for the S_{VSWR} reciprocal test procedure	59
7.5	Required positions for site validation testing	60
7.5.1	General.....	60
7.5.2	Descriptions of S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (Figure 23).....	60
7.5.3	Descriptions of S_{VSWR} additional measurement positions (Figure 24).....	61
7.5.4	Summary of S_{VSWR} measurement positions.....	62
7.6	S_{VSWR} site validation – standard test procedure	65
7.7	S_{VSWR} site validation – reciprocal test procedure using an isotropic field probe	66
7.8	S_{VSWR} conditional measurement position requirements	67
7.9	S_{VSWR} site validation test report.....	68
7.10	Limitations of the S_{VSWR} site validation method.....	68
7.11	Alternative test sites	69
8	Common mode absorption devices	69
8.1	General.....	69
8.2	CMAD S -parameter measurements	69
8.3	CMAD test jig.....	69

8.4	Measurement method using the TRL calibration.....	70
8.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD	72
8.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator.....	73
9	Reverberating chamber for total radiated power measurement	75
9.1	General.....	75
9.2	Chamber.....	75
9.2.1	Chamber size and shape	75
9.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets.....	75
9.2.3	Stirrers	76
9.2.4	Test for the efficiency of the stirrers.....	76
9.2.5	Coupling attenuation.....	77
10	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement.....	78
Annex A (normative)	Parameters of antennas	79
A.1	General.....	79
A.2	Preferred antennas	79
A.2.1	General.....	79
A.2.2	Calculable antenna	79
A.2.3	Low-uncertainty antennas	79
A.3	Simple dipole antennas.....	80
A.3.1	General.....	80
A.3.2	Tuned dipole.....	81
A.3.3	Shortened dipole.....	81
A.4	Broadband antenna parameters	82
A.4.1	General.....	82
A.4.2	Antenna type	83
A.4.3	Specification of the antenna.....	83
A.4.4	Antenna calibration	84
A.4.5	Antenna user information	84
Annex B (XXX)	(Void)	85
Annex C (normative)	Large-loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....	86
C.1	General.....	86
C.2	Construction of an LLAS	86
C.3	Construction of a large-loop antenna (LLA).....	86
C.4	Validation of an LLAS	91
C.5	Construction of the LLAS verification dipole antenna.....	94
C.6	Conversion factors	96
C.6.1	General.....	98
C.6.2	Current conversion factors for an LLAS with non-standard diameter	99
C.6.3	Conversion of LLAS measured current to magnetic field strength.....	100
C.7	Examples	102
Annex D (normative)	Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 6).....	104
D.1	General.....	104
D.2	Ground plane construction	104
D.2.1	Material	104
D.2.2	Roughness	104
D.3	Services to EUT.....	105

D.4	Weather-protection enclosure construction	105
D.4.1	Materials and fasteners.....	105
D.4.2	Internal arrangements.....	106
D.4.3	Size	106
D.4.4	Uniformity with time and weather	106
D.5	Turntable and set-up table	106
D.6	Receive antenna mast installation.....	107
Annex E (xxx)	(Void).....	108
Annex F (informative)	Basis for ± 4 dB site acceptability criterion (see Clause 6).....	109
F.1	General.....	109
F.2	Error analysis.....	109
Annex G (informative)	Examples of uncertainty budgets for site validation of a COMTS using RSM with a calibrated antenna pair (see 6.6)	111
G.1	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using the averaging technique	111
G.2	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using a REFTS	112
G.3	Quantities to be considered for COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	113
Annex H (informative)	Definition of uncertainty in cross-polar response measurement	114
H.1	General.....	114
H.2	Example uncertainty estimate	116
H.3	Rationale for the estimates of input quantities in Table H.1 and Table H.3	117
H.4	Measurement of XPR below 100 MHz at an OATS	118
Bibliography	.....	120
Figure 1	– Schematic of radiation from EUT reaching an LPDA antenna directly and via ground reflection at a 3 m site, showing the beamwidth half-angle, φ , at the reflected ray.....	19
Figure 2	– RX antenna E-plane radiation pattern example, with limit area shaded for 3 m distance and 2 m EUT width.....	24
Figure 3	– Determination of maximum useable EUT width using half-power beamwidth	24
Figure 4	– Determination of maximum useable EUT height using half-power beamwidth	25
Figure 5	– Obstruction-free area of a test site with a turntable	27
Figure 6	– Obstruction-free area with stationary EUT	27
Figure 7	– Test point locations for 3 m and 10 m test distances	36
Figure 8	– Paired test point locations for all test distances.....	38
Figure 9	– Example of paired test point selection for a test distance of 10 m.....	38
Figure 10	– Illustration of an investigation of influence of antenna mast on A_{APR}	39
Figure 11	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements	42
Figure 12	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements	42
Figure 13	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 14	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 15	– Measurement positions for FAR site validation	46

Figure 16 – Example of one measurement position and antenna tilt for FAR site validation	48
Figure 17 – Typical quasi free-space test site reference SA measurement set-up	50
Figure 18 – Theoretical free-space NSA as a function of frequency for different measurement distances [see Equation (16)].....	52
Figure 19 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view).....	54
Figure 20 – Antenna position above the set-up table (side view).....	54
Figure 21 – Transmit antenna E-plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only).....	58
Figure 22 – Transmit antenna H-plane radiation pattern (this example is for informative purposes only).....	59
Figure 23 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 7.5.2 for description).....	60
Figure 24 – S_{VSWR} positions (height requirements)	62
Figure 25 – S_{VSWR} conditional measurement position requirements	68
Figure 26 – Definition of the reference planes inside the test jig	70
Figure 27 – The four configurations for the TRL calibration	72
Figure 28 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to the provisions of 8.1 to 8.3	73
Figure 29 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig	74
Figure 30 – Example of a matching adaptor with balun or transformer	74
Figure 31 – Example of a matching adaptor with resistive matching network.....	75
Figure 32 – Example of a typical paddle stirrer	76
Figure 33 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 32	77
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	82
Figure C.1 – The LLAS, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	88
Figure C.2 – An LLA containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	89
Figure C.3 – Construction of an LLA slit.....	89
Figure C.4 – Example of an LLA slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	90
Figure C.5 – Construction of the metal box containing the current probe.....	90
Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to minimize capacitive coupling from the leads to the LLAS	91
Figure C.7 – The eight positions of the LLAS verification dipole during validation of an LLA	92
Figure C.8 – Validation factor for an LLA of 2 m diameter Reference validation factors for loops of 2 m, 3 m, and 4 m diameters	93
Figure C.9 – Construction of the LLAS verification dipole antenna	96
Figure C.10 – Conversion factors C_{dA} [for conversion into dB(μA/m)] and C_{dV} [for conversion into dB(μV/m)] for two standard measuring distances d.....	96
Figure C.11 – Sensitivity S_D of a large-loop antenna with diameter D relative to a large-loop antenna having a diameter of 2 m	96
Figure C.10 – Sensitivity S_D of an LLA with diameter D relative to an LLA with 2 m diameter	99

Figure C.11 – Conversion factor C_{dA} [for conversion into dB(μ A/m)] for three standard measurement distances d	101
Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	105
Table 1 – Site validation methods applicable for OATS, OATS-based, SAC, and FAR site types	30
Table 2 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – recommended geometries for broadband antennas ^a (1 of 2)	32
Table 3 – Example template for A_{APR} data sets	35
Table 4 – RSM frequency steps	35
Table 5 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	44
Table 6 – Frequency ranges and step sizes for FAR site validation	48
Table 7 – S_{VSWR} measurement position designations (1 of 3)	63
Table 8 – S_{VSWR} reporting requirements	68
Table C.1 – Reference validation factors of Figure C.8 for loops of 2 m, 3 m, and 4 m diameters	94
Table C.2 – Sensitivity S_D of an LLA with diameter D relative to an LLA with 2 m diameter (Figure C.10)	100
Table C.3 – Magnetic field strength conversion factor C_{dA} for three measurement distances (Figure C.11)	102
Table D.1 – Maximum roughness for 3 m, 10 m and 30 m measurement distances	105
Table F.1 – Error budget	109
Table G.1 – Antenna pair reference site attenuation calibration using the large-OATS averaging technique	111
Table G.2 – Antenna pair reference site attenuation calibration using REFTS	112
Table G.3 – COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	113
Table H.1 – Example uncertainty estimate for XPR measurement in a FAR and assumed $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB	117
Table H.2 – Uncertainties depending on other values of A_{xpT} (other assumptions as in Table H.1)	118
Table H.3 – Example uncertainty estimate for XPR measurement at an OATS and assumed $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB	119

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

**Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus –
Antennas and test sites for radiated 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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

CISPR 16-1-4 edition 4.1 contains the fourth edition (2019-01) [documents CIS/A/1262/FDIS and CIS/A/1275/RVD] and its amendment 1 (2020-06) [documents CIS/A/1316/FDIS and CIS/A/1320/RVD].

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.

This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- provisions are added to address test site validation in the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz using the reference site method, to take into account the receive antenna radiation pattern in the frequency range from 1 GHz to 18 GHz, and further details on test site validation using the NSA method with broadband antennas in the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz.

International Standard CISPR 16-1-4 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*.

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 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the characteristics and performance of equipment for the measurement of radiated disturbances in the frequency range 9 kHz to 18 GHz. Specifications for antennas and test sites are included.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16-1-4 is a basic EMC publication 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 cooperate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

The requirements of this publication apply at all frequencies and for all levels of radiated disturbances within the CISPR indicating range of the measuring equipment.

Methods of measurement are covered in Part 2-3, further information on radio disturbance is given in Part 3, and uncertainties, statistics and limit modelling are covered in Part 4 of CISPR 16.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

CISPR 16-1-5:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz*
CISPR 16-1-5:2014/AMD1:2016

CISPR 16-1-6:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-6: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC antenna calibration*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017

CISPR 16-2-3:2016, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

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

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	129
1 Domaine d'application	131
2 Références normatives	131
3 Termes, définitions et termes abrégés	132
3.1 Termes et définitions	132
3.2 Termes abrégés	137
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	138
4.1 Généralités	138
4.2 Paramètre physique (mesurande) pour les mesures des perturbations rayonnées	139
4.3 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 150 kHz	139
4.3.1 Généralités	139
4.3.2 Antenne à champ magnétique	139
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	139
4.4 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz	140
4.4.1 Antenne à champ électrique	140
4.4.2 Antenne à champ magnétique	140
4.4.3 Symétrisation et discrimination du champ électrique des antennes	140
4.5 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz	140
4.5.1 Généralités	140
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en cas de non-conformité présumée des limites d'intensité du champ électrique	140
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	141
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	143
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	144
4.6 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz	146
4.6.1 Généralités	146
4.6.2 Antenne de réception	146
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes de grand diamètre	149
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	149
6 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	149
6.1 Généralités	149
6.2 OATS	150
6.2.1 Généralités	150
6.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries	150
6.2.3 Zone sans obstacle	150
6.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	152
6.2.5 Plan de sol	153
6.3 Aptitude des autres emplacements d'essai	153
6.3.1 Autres emplacements d'essai à plan de sol	153
6.3.2 Emplacements d'essai sans plan de sol (FAR)	153
6.4 Validation des emplacements d'essai	154
6.4.1 Généralités	154
6.4.2 Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai	155

6.5	Paramètres de base de la méthode du NSA pour OATS et SAC	155
6.5.1	Equation générale et tableau des valeurs de NSA théoriques	155
6.5.2	Etalonnage de l'antenne	159
6.6	Méthode de site de référence pour OATS et SAC	159
6.6.1	Généralités	159
6.6.2	Antennes non admises pour les mesures par RSM	160
6.6.3	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes sur un REFTS	161
6.6.4	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'une technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions.....	161
6.7	Validation d'un OATS par la méthode du NSA.....	165
6.7.1	Méthode de la fréquence discrète	165
6.7.2	Méthode par balayage de fréquence	166
6.8	Validation d'un OATS protégé contre les intempéries par une enceinte ou d'une SAC.....	166
6.9	Causes possibles de dépassement des limites d'acceptabilité de site	171
6.10	Validation de l'emplacement pour les FAR	172
6.10.1	Généralités	172
6.10.2	RSM pour les sites FAR.....	177
6.10.3	Méthode du NSA pour les sites FAR	179
6.10.4	Critère de validation de l'emplacement pour les sites FAR	181
6.11	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	182
6.11.1	Généralités	182
6.11.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai.....	182
7	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.....	184
7.1	Généralités	184
7.2	Emplacement d'essai de référence.....	184
7.3	Validation des emplacements d'essai.....	184
7.3.1	Généralités	184
7.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	186
7.4	Exigences relatives à l'antenne pour la procédure d'essai normalisée avec le S_{VSWR}	186
7.4.1	Généralités	186
7.4.2	Antenne d'émission.....	187
7.4.3	Antennes et équipement d'essai pour la procédure d'essai inverse avec le S_{VSWR}	190
7.5	Positions exigées pour l'essai de validation de l'emplacement	190
7.5.1	Généralités	190
7.5.2	Description des positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (Figure 23)	191
7.5.3	Description des positions supplémentaires de mesure de S_{VSWR} (Figure 24).....	192
7.5.4	Récapitulatif des positions de mesure de S_{VSWR}	193
7.6	Validation de l'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai normalisée.....	196
7.7	Validation d'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai inverse utilisant une sonde de champ isotrope	197
7.8	Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	199
7.9	Rapport d'essai de validation d'emplacement S_{VSWR}	200
7.10	Limites de la méthode de validation d'emplacement de S_{VSWR}	200

7.11	Autres emplacements d'essai.....	200
8	Dispositifs d'absorption en mode commun	201
8.1	Généralités	201
8.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	201
8.3	Montage d'essai de CMAD	201
8.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	202
8.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	204
8.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite	205
9	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée.....	208
9.1	Généralités	208
9.2	Chambre	208
9.2.1	Dimensions et forme de la chambre	208
9.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage.....	208
9.2.3	Agitateurs	208
9.2.4	Essai de rendement des agitateurs	209
9.2.5	Affaiblissement de couplage	210
10	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées.....	211
Annexe A (normative) Paramètres des antennes.....		212
A.1	Généralités	212
A.2	Antennes préférentielles	212
A.2.1	Généralités	212
A.2.2	Antenne calculable	212
A.2.3	Antennes à faible incertitude.....	213
A.3	Antennes doublets simples	213
A.3.1	Généralités	213
A.3.2	Doublet accordé.....	214
A.3.3	Doublet raccourci.....	214
A.4	Paramètres des antennes à large bande	216
A.4.1	Généralités	216
A.4.2	Type d'antenne	216
A.4.3	Spécification de l'antenne	217
A.4.4	Etalonnage de l'antenne	217
A.4.5	Informations pour les utilisateurs de l'antenne	217
Annexe B (xxx) (Vide).....		219
Annexe C (normative) Système d'antennes de grand diamètre pour les mesures du courant induit par un champ magnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz		220
C.1	Généralités	220
C.2	Construction d'un LLAS.....	220
C.3	Construction d'une antenne de grand diamètre (LLA).....	220
C.4	Validation d'une du LLAS	225
C.5	Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS	229
C.6	Facteurs de conversion.....	232
C.6.1	Généralités	234
C.6.2	Facteurs de conversion actuels pour un LLAS de diamètre non normalisé.....	234
C.6.3	Conversion du courant mesuré du LLAS en intensité du champ magnétique.....	236

C.7 Exemples	238
Annexe D (normative) Détails de construction des emplacements d'essai en zone dégagée dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (voir Article 6).....	240
D.1 Généralités	240
D.2 Construction du plan de sol.....	240
D.2.1 Matériau	240
D.2.2 Rugosité	240
D.3 Servitudes de l'EUT	241
D.4 Construction de l'enceinte de protection contre les intempéries	241
D.4.1 Matériaux et attaches	241
D.4.1 Montages internes	242
D.4.2 Taille	242
D.4.3 Stabilité dans le temps et aux conditions climatiques	242
D.5 Table tournante et table d'essai	242
D.6 Installation du mât de l'antenne de réception	243
Annexe E (xxx) (Vide).....	244
Annexe F (informative) Fondement du critère des ± 4 dB pour l'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 6)	245
F.1 Généralités	245
F.2 Analyse des erreurs	245
Annexe G (informative) Exemples de bilans d'incertitude pour la validation d'emplacement d'un COMTS à l'aide de la RSM avec une paire d'antennes étalonnées (voir 6.6).....	247
G.1 Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage	247
G.2 Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'un REFTS.....	248
G.3 Grandeurs à étudier pour la validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes	249
Annexe H Annexe H (informative) Définition de l'incertitude de mesure de la réponse de polarisation croisée	250
H.1 Généralités	250
H.2 Exemple d'estimation de l'incertitude	253
H.3 Justification des estimations des grandeurs d'entrée données dans le Tableau H.1 et le Tableau H.3	254
H.4 Mesurage de la XPR en dessous de 100 MHz sur un OATS.....	256
Bibliographie.....	257

Figure 1 – Représentation schématique du rayonnement de l'EUT atteignant une antenne LPDA directement et via réflexion sur le sol à un emplacement de 3 m, présentant la moitié de l'angle d'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi 142

Figure 2 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne RX dans la zone limite grisée pour une distance de 3 m et un EUT d'une largeur de 2 m..... 147

Figure 3 – Détermination de la largeur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance

Figure 4 – Détermination de la hauteur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance

Figure 5 – Zone sans obstacle d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante

Figure 6 – Zone sans obstacle avec EUT fixe

Figure 7 – Position des points d'essai pour un essai à des distances de 3 m et de 10 m	161
Figure 8 – Position des points d'essai appariés pour toutes les distances d'essai	163
Figure 9 – Exemple de choix de points d'essai appariés pour un essai à une distance de 10 m	164
Figure 10 – Représentation d'une étude de l'influence du mât d'antenne sur A_{APR}	164
Figure 11 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale.....	168
Figure 12 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale.....	169
Figure 13 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale pour un EUT de faibles dimensions	170
Figure 14 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale pour un EUT de faibles dimensions	171
Figure 15 – Positions de mesure pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	174
Figure 16 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la validation d'emplacement d'une FAR	176
Figure 17 – Montage de mesure du SA de référence type pour un emplacement d'essai en quasi espace libre	179
Figure 18 – NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure [voir Equation (16)]	181
Figure 19 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus).....	184
Figure 20 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté)	184
Figure 21 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement).....	188
Figure 22 – Diagramme de rayonnement dans le plan H d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement)	189
Figure 23 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 7.5.2)	191
Figure 24 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur).....	193
Figure 25 – Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	199
Figure 26 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai	202
Figure 27 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL	204
Figure 28 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 8.1 à 8.3	205
Figure 29 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage	206
Figure 30 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur	207
Figure 31 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif	207
Figure 32 – Exemple d'agitateur à aubes type.....	209
Figure 33 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 32	210
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	215
Figure C.1 – LLAS constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires	222

Figure C.2 – LLA comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant	223
Figure C.3 – Construction de la fente de LLA.....	223
Figure C.4 – Exemple de construction de fente de LLA utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide.....	224
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant	224
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'EUT afin de réduire le plus possible le couplage capacitif entre les conducteurs et le LLAS.....	225
Figure C.7 – Les huit positions du doublet de vérification du LLAS durant la validation d'une LLA	227
Figure C.8 – Facteurs de validation d'une LLA de 2 m de diamètre de référence pour des boucles de 2 m, 3 m et 4 m de diamètre.....	228
Figure C.9 – Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS.....	231
Figure C.10 – Facteurs de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB(μA/m)] et C_{dV} [pour la conversion en dB(μV/m)] pour deux distances de mesure normales d.....	235
Figure C.11 – Sensibilité S_D d'une antenne de grand diamètre d'un diamètre D par rapport à une antenne de grand diamètre ayant un diamètre de 2 m.....	236
Figure C.10 – Sensibilité S_D d'une LLA de diamètre D par rapport à une LLA de 2 m de diamètre	235
Figure C.11 – Facteur de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB (μ A/m)] pour trois distances de mesure normalisées d	237
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol.....	241
Tableau 1 – Méthodes de validation d'emplacement applicables pour les emplacements de type OATS, à base d'OATS, SAC et FAR.....	154
Tableau 2 – Affaiblissement normalisé théorique de l'emplacement, A_N – Géométries recommandées pour les antennes à large bande ^a (1 de 2)	157
Tableau 3 – Exemple de modèle pour les ensembles de données A_{APR}	160
Tableau 4 – Pas de fréquence de la RSM	160
Tableau 5 – Dimensions maximales du volume d'essai en fonction de la distance d'essai	172
Tableau 6 – Gammes de fréquences et pas pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	177
Tableau 7 – Désignations des positions de mesure de S_{VSWR} (1 de 3).....	194
Tableau 8 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR}	200
Tableau C.1 – Facteurs de validation de référence de la Figure C.8 pour des boucles de 2 m, 3 m et 4 m de diamètre	229
Tableau C.2 – Sensibilité S_D d'une LLA de diamètre D par rapport à une LLA de 2 m de diamètre (Figure C.10).....	236
Tableau C.3 – Facteur de conversion de l'intensité du champ magnétique C_{dA} pour trois distances de mesure (Figure C.11).....	238
Tableau D.1 – Rugosité maximale pour des distances de mesure de 3 m, 10 m et 30 m	241
Tableau F.1 – Bilan d'erreur.....	245
Tableau G.1 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions	247
Tableau G.2 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide du REFTS	248

Tableau G.3 – Validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes	249
Tableau H.1 – Exemple d'estimation de l'incertitude pour le mesurage de la XPR dans une FAR avec des valeurs $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB définies par hypothèse.....	254
Tableau H.2 – Incertitudes dépendant des autres valeurs de A_{xpT} (autres hypothèses que celles retenues dans le Tableau H.1)	256
Tableau H.3 – Exemple d'estimation de l'incertitude pour un mesurage de la XPR sur un OATS avec des valeurs $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB définies par hypothèse	256

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 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

La CISPR 16-1-4 édition 4.1 contient la quatrième édition (2019-01) [documents CIS/A/1262/FDIS et CIS/A/1275/RVD] et son amendement 1 (2020-06) [documents CIS/A/1316/FDIS et CIS/A/1320/RVD].

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.

Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- des dispositions ont été ajoutées pour traiter la validation des emplacements d'essai dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz en utilisant la méthode de site de référence, pour tenir compte du diagramme de rayonnement de l'antenne de réception dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz, ainsi qu'une description plus détaillée de la validation des emplacements d'essai par la méthode du NSA avec des antennes à large bande dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz.

La Norme internationale CISPR 16-1-4 a été établie par le sous-comité CISPR A: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Elle a le statut d'une publication fondamentale en CEM conformément au Guide IEC 107, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

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 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les caractéristiques et les performances des appareils de mesure de perturbations rayonnées dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 18 GHz. Elle comprend les spécifications pour les antennes et les emplacements d'essai.

NOTE Conformément au Guide 107 de l'IEC, la CISPR 16-1-4 est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de l'IEC. Comme indiqué dans le Guide 107, les comités de produits ont la responsabilité de déterminer s'il convient d'appliquer ou non cette norme d'essai en CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

Les exigences de cette publication s'appliquent à toutes les fréquences et à tous niveaux de perturbation rayonnée, dans les limites de la plage de lecture des appareils de mesure du CISPR.

Les méthodes de mesure sont traitées dans la Partie 2-3, des informations supplémentaires sur les perturbations radioélectriques sont données dans la Partie 3 et les incertitudes, les statistiques et la modélisation des limites sont couvertes par la Partie 4 de la CISPR 16.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CISPR 16-1-5:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-5: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Emplacements d'étalonnage d'antenne et emplacements d'essai de référence pour la plage comprise entre 5 MHz et 18 GHz*
CISPR 16-1-5:2014/AMD1:2016

CISPR 16-1-6:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-6: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Etalonnage des antennes CEM*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2016, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées*

CISPR TR 16-3, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 3: Rapports techniques du CISPR*

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 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

FINAL VERSION

VERSION FINALE



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

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

**Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas
and test sites for radiated disturbance measurements**

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

**Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de
l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements
d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées**

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.2 Abbreviated terms.....	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	16
4.1 General.....	16
4.2 Physical parameter (measurand) for radiated disturbance measurements	16
4.3 Antennas for the frequency range 9 kHz to 150 kHz.....	17
4.3.1 General.....	17
4.3.2 Magnetic field antenna.....	17
4.3.3 Shielding of loop antenna	17
4.4 Antennas for the frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	17
4.4.1 Electric field antenna	17
4.4.2 Magnetic field antenna.....	18
4.4.3 Balance and electric field discrimination of antennas	18
4.5 Antennas for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	18
4.5.1 General.....	18
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the electric disturbance field strength limit	18
4.5.3 Antenna characteristics.....	18
4.5.4 Balance of antenna	20
4.5.5 Cross-polar response of antenna	22
4.6 Antennas for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	23
4.6.1 General.....	23
4.6.2 Receive antenna	23
4.7 Special antenna arrangements – large-loop antenna system.....	25
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 9 kHz to 30 MHz	26
6 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz	26
6.1 General.....	26
6.2 OATS.....	26
6.2.1 General.....	26
6.2.2 Weather-protection enclosure	26
6.2.3 Obstruction-free area	26
6.2.4 Radio-frequency ambient environment of a test site	28
6.2.5 Ground plane.....	28
6.3 Suitability of other test sites	28
6.3.1 Other ground-plane test sites.....	28
6.3.2 Test sites without ground plane (FAR)	29
6.4 Test site validations	29
6.4.1 General.....	29
6.4.2 Overview of test site validations.....	30
6.5 Basic parameters of the NSA method for OATS and SAC.....	30

6.5.1	General equation and table of theoretical NSA values.....	30
6.5.2	Antenna calibration	34
6.6	Reference site method for OATS and SAC	34
6.6.1	General.....	34
6.6.2	Antennas not permitted for RSM measurements	35
6.6.3	Determination of the antenna pair reference site attenuation on a REFTS	35
6.6.4	Determination of the antenna pair reference site attenuation using an averaging technique on a large OATS.....	36
6.7	Validation of an OATS by the NSA method	39
6.7.1	Discrete frequency method	39
6.7.2	Swept frequency method.....	40
6.8	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC	41
6.9	Possible causes for exceeding site acceptability limits	43
6.10	Site validation for FARs	44
6.10.1	General.....	44
6.10.2	RSM for FAR sites	48
6.10.3	NSA method for FAR sites	50
6.10.4	Site validation criteria for FAR sites	52
6.11	Evaluation of set-up table and antenna tower.....	52
6.11.1	General.....	52
6.11.2	Evaluation procedure for set-up table influences	53
7	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz	54
7.1	General.....	54
7.2	Reference test site.....	55
7.3	Test site validation.....	55
7.3.1	General.....	55
7.3.2	Acceptance criterion for site validation.....	56
7.4	Antenna requirements for S_{VSWR} standard test procedure	56
7.4.1	General.....	56
7.4.2	Transmit antenna	57
7.4.3	Antennas and test equipment for the S_{VSWR} reciprocal test procedure	59
7.5	Required positions for site validation testing	60
7.5.1	General.....	60
7.5.2	Descriptions of S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (Figure 23).....	60
7.5.3	Descriptions of S_{VSWR} additional measurement positions (Figure 24).....	61
7.5.4	Summary of S_{VSWR} measurement positions.....	62
7.6	S_{VSWR} site validation – standard test procedure	65
7.7	S_{VSWR} site validation – reciprocal test procedure using an isotropic field probe	66
7.8	S_{VSWR} conditional measurement position requirements	67
7.9	S_{VSWR} site validation test report.....	68
7.10	Limitations of the S_{VSWR} site validation method.....	68
7.11	Alternative test sites	69
8	Common mode absorption devices	69
8.1	General.....	69
8.2	CMAD S -parameter measurements	69
8.3	CMAD test jig.....	69

8.4	Measurement method using the TRL calibration.....	70
8.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD	72
8.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator.....	73
9	Reverberating chamber for total radiated power measurement	75
9.1	General.....	75
9.2	Chamber.....	75
9.2.1	Chamber size and shape	75
9.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets.....	75
9.2.3	Stirrers	76
9.2.4	Test for the efficiency of the stirrers.....	76
9.2.5	Coupling attenuation.....	77
10	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement.....	78
Annex A (normative) Parameters of antennas		79
A.1	General.....	79
A.2	Preferred antennas	79
A.2.1	General.....	79
A.2.2	Calculable antenna	79
A.2.3	Low-uncertainty antennas	79
A.3	Simple dipole antennas.....	80
A.3.1	General.....	80
A.3.2	Tuned dipole.....	81
A.3.3	Shortened dipole.....	81
A.4	Broadband antenna parameters	82
A.4.1	General.....	82
A.4.2	Antenna type	83
A.4.3	Specification of the antenna.....	83
A.4.4	Antenna calibration	84
A.4.5	Antenna user information	84
Annex B (XXX) (Void)		85
Annex C (normative) Large-loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....		86
C.1	General.....	86
C.2	Construction of an LLAS	86
C.3	Construction of a large-loop antenna (LLA).....	86
C.4	Validation of an LLAS	91
C.5	Construction of the LLAS verification dipole antenna.....	93
C.6	Conversion factors	94
C.6.1	General.....	94
C.6.2	Current conversion factors for an LLAS with non-standard diameter	95
C.6.3	Conversion of LLAS measured current to magnetic field strength.....	96
C.7	Examples	98
Annex D (normative) Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 6).....		100
D.1	General.....	100
D.2	Ground plane construction	100
D.2.1	Material	100
D.2.2	Roughness	100
D.3	Services to EUT.....	101

D.4	Weather-protection enclosure construction	101
D.4.1	Materials and fasteners.....	101
D.4.2	Internal arrangements.....	102
D.4.3	Size	102
D.4.4	Uniformity with time and weather	102
D.5	Turntable and set-up table	102
D.6	Receive antenna mast installation.....	103
Annex E (xxx) (Void)	.....	104
Annex F (informative) Basis for ± 4 dB site acceptability criterion (see Clause 6)	.....	105
F.1	General.....	105
F.2	Error analysis.....	105
Annex G (informative) Examples of uncertainty budgets for site validation of a COMTS using RSM with a calibrated antenna pair (see 6.6)	.....	107
G.1	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using the averaging technique	107
G.2	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using a REFTS	108
G.3	Quantities to be considered for COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	109
Annex H (informative) Definition of uncertainty in cross-polar response measurement	.....	110
H.1	General.....	110
H.2	Example uncertainty estimate	112
H.3	Rationale for the estimates of input quantities in Table H.1 and Table H.3	113
H.4	Measurement of XPR below 100 MHz at an OATS	114
Bibliography	.....	116
Figure 1	– Schematic of radiation from EUT reaching an LPDA antenna directly and via ground reflection at a 3 m site, showing the beamwidth half-angle, φ , at the reflected ray.....	19
Figure 2	– RX antenna E-plane radiation pattern example, with limit area shaded for 3 m distance and 2 m EUT width.....	24
Figure 3	– Determination of maximum useable EUT width using half-power beamwidth	24
Figure 4	– Determination of maximum useable EUT height using half-power beamwidth	25
Figure 5	– Obstruction-free area of a test site with a turntable	27
Figure 6	– Obstruction-free area with stationary EUT	27
Figure 7	– Test point locations for 3 m and 10 m test distances	36
Figure 8	– Paired test point locations for all test distances.....	38
Figure 9	– Example of paired test point selection for a test distance of 10 m.....	38
Figure 10	– Illustration of an investigation of influence of antenna mast on A_{APR}	39
Figure 11	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements	42
Figure 12	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements	42
Figure 13	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 14	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 15	– Measurement positions for FAR site validation	46

Figure 16 – Example of one measurement position and antenna tilt for FAR site validation	48
Figure 17 – Typical quasi free-space test site reference SA measurement set-up	50
Figure 18 – Theoretical free-space NSA as a function of frequency for different measurement distances [see Equation (16)].....	52
Figure 19 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view).....	54
Figure 20 – Antenna position above the set-up table (side view).....	54
Figure 21 – Transmit antenna E-plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only).....	58
Figure 22 – Transmit antenna H-plane radiation pattern (this example is for informative purposes only).....	59
Figure 23 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 7.5.2 for description).....	60
Figure 24 – S_{VSWR} positions (height requirements)	62
Figure 25 – S_{VSWR} conditional measurement position requirements	68
Figure 26 – Definition of the reference planes inside the test jig	70
Figure 27 – The four configurations for the TRL calibration	72
Figure 28 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to the provisions of 8.1 to 8.3	73
Figure 29 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig	74
Figure 30 – Example of a matching adaptor with balun or transformer	74
Figure 31 – Example of a matching adaptor with resistive matching network.....	75
Figure 32 – Example of a typical paddle stirrer	76
Figure 33 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 32	77
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	82
Figure C.1 – The LLAS, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	88
Figure C.2 – An LLA containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	89
Figure C.3 – Construction of an LLA slit.....	89
Figure C.4 – Example of an LLA slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	90
Figure C.5 – Construction of the metal box containing the current probe.....	90
Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to minimize capacitive coupling from the leads to the LLAS	91
Figure C.7 – The eight positions of the LLAS verification dipole during validation of an LLA	92
Figure C.8 – Reference validation factors for loops of 2 m, 3 m, and 4 m diameters.....	92
Figure C.9 – Construction of the LLAS verification dipole antenna	94
Figure C.10 – Sensitivity S_D of an LLA with diameter D relative to an LLA with 2 m diameter	95
Figure C.11 – Conversion factor C_{dA} [for conversion into dB(μ A/m)] for three standard measurement distances d	97
Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	101
Table 1 – Site validation methods applicable for OATS, OATS-based, SAC, and FAR site types	30

Table 2 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – recommended geometries for broadband antennas ^a (1 of 2)	32
Table 3 – Example template for A_{APR} data sets	35
Table 4 – RSM frequency steps	35
Table 5 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	44
Table 6 – Frequency ranges and step sizes for FAR site validation	48
Table 7 – S_{VSWR} measurement position designations (1 of 3)	63
Table 8 – S_{VSWR} reporting requirements	68
Table C.1 – Reference validation factors of Figure C.8 for loops of 2 m, 3 m, and 4 m diameters	93
Table C.2 – Sensitivity S_D of an LLA with diameter D relative to an LLA with 2 m diameter (Figure C.10)	96
Table C.3 – Magnetic field strength conversion factor C_{dA} for three measurement distances (Figure C.11)	98
Table D.1 – Maximum roughness for 3 m, 10 m and 30 m measurement distances	101
Table F.1 – Error budget	105
Table G.1 – Antenna pair reference site attenuation calibration using the large-OATS averaging technique	107
Table G.2 – Antenna pair reference site attenuation calibration using REFTS	108
Table G.3 – COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	109
Table H.1 – Example uncertainty estimate for XPR measurement in a FAR and assumed $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB	113
Table H.2 – Uncertainties depending on other values of A_{xpT} (other assumptions as in Table H.1)	114
Table H.3 – Example uncertainty estimate for XPR measurement at an OATS and assumed $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB	115

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND
IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –****Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus –
Antennas and test sites for radiated 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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

CISPR 16-1-4 edition 4.1 contains the fourth edition (2019-01) [documents CIS/A/1262/FDIS and CIS/A/1275/RVD] and its amendment 1 (2020-06) [documents CIS/A/1316/FDIS and CIS/A/1320/RVD].

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.

This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- provisions are added to address test site validation in the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz using the reference site method, to take into account the receive antenna radiation pattern in the frequency range from 1 GHz to 18 GHz, and further details on test site validation using the NSA method with broadband antennas in the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz.

International Standard CISPR 16-1-4 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*.

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 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the characteristics and performance of equipment for the measurement of radiated disturbances in the frequency range 9 kHz to 18 GHz. Specifications for antennas and test sites are included.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16-1-4 is a basic EMC publication 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 cooperate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

The requirements of this publication apply at all frequencies and for all levels of radiated disturbances within the CISPR indicating range of the measuring equipment.

Methods of measurement are covered in Part 2-3, further information on radio disturbance is given in Part 3, and uncertainties, statistics and limit modelling are covered in Part 4 of CISPR 16.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

CISPR 16-1-5:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz*
CISPR 16-1-5:2014/AMD1:2016

CISPR 16-1-6:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-6: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC antenna calibration*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2017

CISPR 16-2-3:2016, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

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

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	125
1 Domaine d'application	127
2 Références normatives	127
3 Termes, définitions et termes abrégés	128
3.1 Termes et définitions	128
3.2 Termes abrégés	133
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	134
4.1 Généralités	134
4.2 Paramètre physique (mesurande) pour les mesures des perturbations rayonnées	135
4.3 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 150 kHz	135
4.3.1 Généralités	135
4.3.2 Antenne à champ magnétique	135
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	135
4.4 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz	136
4.4.1 Antenne à champ électrique	136
4.4.2 Antenne à champ magnétique	136
4.4.3 Symétrisation et discrimination du champ électrique des antennes	136
4.5 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz	136
4.5.1 Généralités	136
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en cas de non-conformité présumée des limites d'intensité du champ électrique	136
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	137
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	139
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	140
4.6 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz	142
4.6.1 Généralités	142
4.6.2 Antenne de réception	142
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes de grand diamètre	145
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	145
6 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	145
6.1 Généralités	145
6.2 OATS	146
6.2.1 Généralités	146
6.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries	146
6.2.3 Zone sans obstacle	146
6.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	148
6.2.5 Plan de sol	149
6.3 Aptitude des autres emplacements d'essai	149
6.3.1 Autres emplacements d'essai à plan de sol	149
6.3.2 Emplacements d'essai sans plan de sol (FAR)	149
6.4 Validation des emplacements d'essai	150
6.4.1 Généralités	150
6.4.2 Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai	151

6.5	Paramètres de base de la méthode du NSA pour OATS et SAC	151
6.5.1	Equation générale et tableau des valeurs de NSA théoriques	151
6.5.2	Etalonnage de l'antenne	155
6.6	Méthode de site de référence pour OATS et SAC	155
6.6.1	Généralités	155
6.6.2	Antennes non admises pour les mesures par RSM	156
6.6.3	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes sur un REFTS	157
6.6.4	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'une technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions.....	157
6.7	Validation d'un OATS par la méthode du NSA.....	161
6.7.1	Méthode de la fréquence discrète	161
6.7.2	Méthode par balayage de fréquence	162
6.8	Validation d'un OATS protégé contre les intempéries par une enceinte ou d'une SAC.....	162
6.9	Causes possibles de dépassement des limites d'acceptabilité de site	167
6.10	Validation de l'emplacement pour les FAR	168
6.10.1	Généralités	168
6.10.2	RSM pour les sites FAR.....	173
6.10.3	Méthode du NSA pour les sites FAR	175
6.10.4	Critère de validation de l'emplacement pour les sites FAR	177
6.11	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	178
6.11.1	Généralités	178
6.11.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai.....	178
7	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.....	180
7.1	Généralités	180
7.2	Emplacement d'essai de référence.....	180
7.3	Validation des emplacements d'essai.....	180
7.3.1	Généralités	180
7.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	182
7.4	Exigences relatives à l'antenne pour la procédure d'essai normalisée avec le S_{VSWR}	182
7.4.1	Généralités	182
7.4.2	Antenne d'émission.....	183
7.4.3	Antennes et équipement d'essai pour la procédure d'essai inverse avec le S_{VSWR}	186
7.5	Positions exigées pour l'essai de validation de l'emplacement	186
7.5.1	Généralités	186
7.5.2	Description des positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (Figure 23)	187
7.5.3	Description des positions supplémentaires de mesure de S_{VSWR} (Figure 24).....	188
7.5.4	Récapitulatif des positions de mesure de S_{VSWR}	189
7.6	Validation de l'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai normalisée.....	192
7.7	Validation d'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai inverse utilisant une sonde de champ isotrope	193
7.8	Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	195
7.9	Rapport d'essai de validation d'emplacement S_{VSWR}	196
7.10	Limites de la méthode de validation d'emplacement de S_{VSWR}	196

7.11	Autres emplacements d'essai.....	196
8	Dispositifs d'absorption en mode commun	197
8.1	Généralités	197
8.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	197
8.3	Montage d'essai de CMAD.....	197
8.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	198
8.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	200
8.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite.....	201
9	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée.....	204
9.1	Généralités	204
9.2	Chambre.....	204
9.2.1	Dimensions et forme de la chambre.....	204
9.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage.....	204
9.2.3	Agitateurs	204
9.2.4	Essai de rendement des agitateurs	205
9.2.5	Affaiblissement de couplage	206
10	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées.....	207
Annexe A (normative) Paramètres des antennes.....		208
A.1	Généralités	208
A.2	Antennes préférentielles	208
A.2.1	Généralités	208
A.2.2	Antenne calculable	208
A.2.3	Antennes à faible incertitude.....	209
A.3	Antennes doublets simples	209
A.3.1	Généralités	209
A.3.2	Doublet accordé.....	210
A.3.3	Doublet raccourci.....	210
A.4	Paramètres des antennes à large bande	212
A.4.1	Généralités	212
A.4.2	Type d'antenne	212
A.4.3	Spécification de l'antenne	213
A.4.4	Etalonnage de l'antenne	213
A.4.5	Informations pour les utilisateurs de l'antenne	213
Annexe B (xxx) (Vide).....		215
Annexe C (normative) Système d'antennes de grand diamètre pour les mesures du courant induit par un champ magnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz		216
C.1	Généralités	216
C.2	Construction d'un LLAS.....	216
C.3	Construction d'une antenne de grand diamètre (LLA).....	216
C.4	Validation du LLAS	221
C.5	Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS	223
C.6	Facteurs de conversion.....	224
C.6.1	Généralités	224
C.6.2	Facteurs de conversion actuels pour un LLAS de diamètre non normalisé.....	224
C.6.3	Conversion du courant mesuré du LLAS en intensité du champ magnétique.....	226

C.7	Exemples	228
Annexe D (normative) Détails de construction des emplacements d'essai en zone dégagée dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (voir Article 6).....		
D.1	Généralités	230
D.2	Construction du plan de sol.....	230
D.2.1	Matériau	230
D.2.2	Rugosité	230
D.3	Servitudes de l'EUT	231
D.4	Construction de l'enceinte de protection contre les intempéries	231
D.4.1	Matériaux et attaches	231
D.4.1	Montages internes	232
D.4.2	Taille	232
D.4.3	Stabilité dans le temps et aux conditions climatiques	232
D.5	Table tournante et table d'essai	232
D.6	Installation du mât de l'antenne de réception	233
Annexe E (xxx) (Vide).....		
Annexe F (informative) Fondement du critère des ± 4 dB pour l'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 6)		
F.1	Généralités	235
F.2	Analyse des erreurs	235
Annexe G (informative) Exemples de bilans d'incertitude pour la validation d'emplacement d'un COMTS à l'aide de la RSM avec une paire d'antennes étalonnées (voir 6.6).....		
G.1	Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage	237
G.2	Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'un REFTS.....	238
G.3	Grandeurs à étudier pour la validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes	239
Annexe H Annexe H (informative) Définition de l'incertitude de mesure de la réponse de polarisation croisée.....		
H.1	Généralités	240
H.2	Exemple d'estimation de l'incertitude	243
H.3	Justification des estimations des grandeurs d'entrée données dans le Tableau H.1 et le Tableau H.3	244
H.4	Mesurage de la XPR en dessous de 100 MHz sur un OATS.....	246
Bibliographie.....		

Figure 1 – Représentation schématique du rayonnement de l'EUT atteignant une antenne LPDA directement et via réflexion sur le sol à un emplacement de 3 m, présentant la moitié de l'angle d'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi 138

Figure 2 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne RX dans la zone limite grisée pour une distance de 3 m et un EUT d'une largeur de 2 m..... 143

Figure 3 – Détermination de la largeur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance

Figure 4 – Détermination de la hauteur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance

Figure 5 – Zone sans obstacle d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante 147

Figure 6 – Zone sans obstacle avec EUT fixe

Figure 7 – Position des points d'essai pour un essai à des distances de 3 m et de 10 m	157
Figure 8 – Position des points d'essai appariés pour toutes les distances d'essai	159
Figure 9 – Exemple de choix de points d'essai appariés pour un essai à une distance de 10 m	160
Figure 10 – Représentation d'une étude de l'influence du mât d'antenne sur A_{APR}	160
Figure 11 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale.....	164
Figure 12 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale.....	165
Figure 13 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale pour un EUT de faibles dimensions	166
Figure 14 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale pour un EUT de faibles dimensions	167
Figure 15 – Positions de mesure pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	170
Figure 16 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la validation d'emplacement d'une FAR	172
Figure 17 – Montage de mesure du SA de référence type pour un emplacement d'essai en quasi espace libre	175
Figure 18 – NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure [voir Equation (16)]	177
Figure 19 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus).....	180
Figure 20 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté)	180
Figure 21 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement).....	184
Figure 22 – Diagramme de rayonnement dans le plan H d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement)	185
Figure 23 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 7.5.2)	187
Figure 24 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur).....	189
Figure 25 – Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	195
Figure 26 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai	198
Figure 27 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL	200
Figure 28 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 8.1 à 8.3	201
Figure 29 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage	202
Figure 30 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur	203
Figure 31 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif	203
Figure 32 – Exemple d'agitateur à aubes type.....	205
Figure 33 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 32	206
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	212
Figure C.1 – LLAS constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires	218

Figure C.2 – LLA comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant	219
Figure C.3 – Construction de la fente de LLA.....	219
Figure C.4 – Exemple de construction de fente de LLA utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide.....	220
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant	220
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'EUT afin de réduire le plus possible le couplage capacitif entre les conducteurs et le LLAS.....	221
Figure C.7 – Les huit positions du doublet de vérification du LLAS durant la validation d'une LLA	222
Figure C.8 – Facteurs de validation de référence pour des boucles de 2 m, 3 m et 4 m de diamètre.....	222
Figure C.9 – Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS.....	224
Figure C.10 – Sensibilité S_D d'une LLA de diamètre D par rapport à une LLA de 2 m de diamètre	225
Figure C.11 – Facteur de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB ($\mu A/m$)] pour trois distances de mesure normalisées d	227
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol.....	231
Tableau 1 – Méthodes de validation d'emplacement applicables pour les emplacements de type OATS, à base d'OATS, SAC et FAR.....	150
Tableau 2 – Affaiblissement normalisé théorique de l'emplacement, A_N – Géométries recommandées pour les antennes à large bande ^a (1 de 2)	153
Tableau 3 – Exemple de modèle pour les ensembles de données A_{APR}	156
Tableau 4 – Pas de fréquence de la RSM	156
Tableau 5 – Dimensions maximales du volume d'essai en fonction de la distance d'essai	168
Tableau 6 – Gammes de fréquences et pas pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	173
Tableau 7 – Désignations des positions de mesure de S_{VSWR} (1 de 3)	190
Tableau 8 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR}	196
Tableau C.1 – Facteurs de validation de référence de la Figure C.8 pour des boucles de 2 m, 3 m et 4 m de diamètre	223
Tableau C.2 – Sensibilité S_D d'une LLA de diamètre D par rapport à une LLA de 2 m de diamètre (Figure C.10).....	226
Tableau C.3 – Facteur de conversion de l'intensité du champ magnétique C_{dA} pour trois distances de mesure (Figure C.11).....	228
Tableau D.1 – Rugosité maximale pour des distances de mesure de 3 m, 10 m et 30 m	231
Tableau F.1 – Bilan d'erreur.....	235
Tableau G.1 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions	237
Tableau G.2 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide du REFTS.....	238
Tableau G.3 – Validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes	239
Tableau H.1 – Exemple d'estimation de l'incertitude pour le mesurage de la XPR dans une FAR avec des valeurs $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB définies par hypothèse.....	244

Tableau H.2 – Incertitudes dépendant des autres valeurs de A_{xpT} (autres hypothèses que celles retenues dans le Tableau H.1)	246
Tableau H.3 – Exemple d'estimation de l'incertitude pour un mesurage de la XPR sur un OATS avec des valeurs $a_{xpT} = 22$ dB, $a_{xpR} = 34$ dB définies par hypothèse	246

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 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

La CISPR 16-1-4 édition 4.1 contient la quatrième édition (2019-01) [documents CIS/A/1262/FDIS et CIS/A/1275/RVD] et son amendement 1 (2020-06) [documents CIS/A/1316/FDIS et CIS/A/1320/RVD].

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.

Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- des dispositions ont été ajoutées pour traiter la validation des emplacements d'essai dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz en utilisant la méthode de site de référence, pour tenir compte du diagramme de rayonnement de l'antenne de réception dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz, ainsi qu'une description plus détaillée de la validation des emplacements d'essai par la méthode du NSA avec des antennes à large bande dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz.

La Norme internationale CISPR 16-1-4 a été établie par le sous-comité CISPR A: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Elle a le statut d'une publication fondamentale en CEM conformément au Guide IEC 107, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

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 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les caractéristiques et les performances des appareils de mesure de perturbations rayonnées dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 18 GHz. Elle comprend les spécifications pour les antennes et les emplacements d'essai.

NOTE Conformément au Guide 107 de l'IEC, la CISPR 16-1-4 est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de l'IEC. Comme indiqué dans le Guide 107, les comités de produits ont la responsabilité de déterminer s'il convient d'appliquer ou non cette norme d'essai en CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

Les exigences de cette publication s'appliquent à toutes les fréquences et à tous niveaux de perturbation rayonnée, dans les limites de la plage de lecture des appareils de mesure du CISPR.

Les méthodes de mesure sont traitées dans la Partie 2-3, des informations supplémentaires sur les perturbations radioélectriques sont données dans la Partie 3 et les incertitudes, les statistiques et la modélisation des limites sont couvertes par la Partie 4 de la CISPR 16.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CISPR 16-1-5:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-5: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Emplacements d'étalonnage d'antenne et emplacements d'essai de référence pour la plage comprise entre 5 MHz et 18 GHz*
CISPR 16-1-5:2014/AMD1:2016

CISPR 16-1-6:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-6: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Etalonnage des antennes CEM*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2016, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées*

CISPR TR 16-3, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 3: Rapports techniques du CISPR*

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 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*