

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 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 978-2-8322-3861-5

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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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.....	7
INTRODUCTION (to Amendment 1)	9
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms, definitions and abbreviations	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations.....	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	16
4.1 General.....	16
4.2 Physical parameter for radiated emission measurements	16
4.3 Frequency range 9 kHz to 150 kHz	16
4.3.1 General	16
4.3.2 Magnetic antenna	16
4.3.3 Shielding of loop antenna.....	17
4.4 Frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	17
4.4.1 Electric antenna.....	17
4.4.2 Magnetic antenna	17
4.4.3 Balance/cross-polar performance of antennas	17
4.5 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	17
4.5.1 General	17
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the <i>E</i> -field limit.....	18
4.5.3 Antenna characteristics.....	18
4.5.4 Balance of antenna	20
4.5.5 Cross-polar response of antenna	21
4.6 Frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	22
4.6.1 General	22
4.6.2 Receive antenna	23
4.7 Special antenna arrangements – Loop antenna system	25
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz.....	25
5.1 General	25
5.2 OATS	26
5.2.1 General	26
5.2.2 Weather protection enclosure	26
5.2.3 Obstruction-free area	26
5.2.4 Ambient radio frequency environment of a test site.....	29
5.2.5 Ground plane.....	29
5.2.6 OATS validation procedure	34
5.3 Test site Suitability for of other ground-plane test sites.....	34
5.3.1 General Other ground-plane test sites	34
5.3.2 Normalized site attenuation for alternative test sites Test sites without ground plane (FAR)	35
5.3.3 Site attenuation.....	35
5.3.4 Conducting ground plane	35
5.4 Test site suitability without ground-plane validation.....	40

5.4.1	Measurement considerations for free space test sites, as realized by fully absorber lined shielded enclosures General	40
5.4.2	Site performance Overview of test site validations	40
5.4.3	Site validation criteria Principles and values of the NSA method for OATS and SAC	49
5.4.4	Reference site method for OATS and SAC	56
5.4.5	Validation of an OATS by the NSA method	62
5.4.6	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC	65
5.4.7	Site validation for FARs	68
5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower	76
5.5.1	General	76
5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences	76
6	Reverberating chamber for total radiated power measurement	78
6.1	General	78
6.2	Chamber	78
6.2.1	Chamber size and shape	78
6.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets	78
6.2.3	Stirrers	79
6.2.4	Test for the efficiency of the stirrers	79
6.2.5	Coupling attenuation	80
7	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement	81
8	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz	81
8.1	General	81
8.2	Reference test site	81
8.3	Validation of the test site	81
8.3.1	General	81
8.3.2	Acceptance criterion for site validation	82
8.3.3	Site validation procedures – Evaluation of S_{VSWR}	83
8.4	Alternative test sites	96
9	Common mode absorption devices	96
9.1	General	96
9.2	CMAD S -parameter measurements	96
9.3	CMAD test jig	96
9.4	Measurement method using the TRL calibration	98
9.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD	100
9.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator	100
	Annex A (normative) Parameters of antennas	103
	Annex B (normative) Monopole (1 m rod) antenna performance equations and characterization of the associated antenna matching network	110
	Annex C (normative) Loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz	115
	Annex D (normative) Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 5)	124
	Annex E (normative) Validation procedure of the open area test site for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 5) (Void)	128
	Annex F (informative) Basis for 4 dB site acceptability criterion (see Clause 5)	136
	Annex G (informative) Examples of uncertainty budgets for site validation of a COMTS using RSM with a calibrated antenna pair	138

Bibliography	141
Figure 1 – Schematic of radiation from EUT reaching an LPDA antenna directly and via ground reflections on a 3 m site, showing the half beamwidth, φ , at the reflected ray.....	19
Figure 2 – Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 5.2.3).....	26
Figure 3 – Obstruction-free area with stationary EUT (see 5.2.3)	27
Figure 4 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in horizontal polarization (see 5.2.6 and Annex E)	28
Figure 5 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in vertical polarization using tuned dipoles (see 5.2.6 and Annex E).....	29
Figure 6 – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements	30
Figure 7 – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements	31
Figure 8 – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements for a smaller EUT	32
Figure 9 – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements for a smaller EUT	33
Figure 10 – Graph of theoretical free-space NSA as a function of the frequency for different measurement distances (see Equation (10))	34
Figure 11 – Measurement positions for the site validation procedure	35
Figure 12 – Example of one measurement position and antenna tilt for the site validation procedure	36
Figure 13 – Typical free-space reference site attenuation measurement set-up	37
Figure 14 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view)	59
Figure 15 – Antenna position above the set-up table (side view)	59
Figure 16 – Example of a typical paddle stirrer	60
Figure 17 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 16	61
Figure 18 – Transmit antenna <i>E</i> -plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only)	65
Figure 19 – Transmit antenna <i>H</i> -plane radiation pattern (this example is for informative purposes only)	66
Figure 20 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 8.3.3.2.2 for description)	67
Figure 21 – S_{VSWR} positions (height requirements)	69
Figure 22 – Conditional test position requirements	75
Figure 23 – Definition of the reference planes inside the test jig	77
Figure 24 – The four configurations for the TRL calibration	79
Figure 25 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to provisions of 9.1 to 9.3	80
Figure 26 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig.....	81
Figure 27 – Example of a matching adaptor with balun or transformer.....	82
Figure 28 – Example of a matching adaptor with resistive matching network	82
Figure 29 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in horizontal polarization	34

Figure 30 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in vertical polarization using tuned dipoles.....	35
Figure 31 – Test point locations for 3 m test distance	39
Figure 32 – Paired test point locations for all test distances	41
Figure 33 – Example of paired test point selection for a test distance of 10 m	42
Figure 34 – Illustration of an investigation of influence of antenna mast on A_{APR}	42
Figure 35 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Vertical polarization validation measurements	47
Figure 36 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Horizontal polarization validation measurements.....	47
Figure 37 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Vertical polarization validation measurements for a smaller EUT.....	48
Figure 38 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Horizontal polarization validation measurements for a smaller EUT.....	48
Figure 39 – Measurement positions for FAR site validation	50
Figure 40 – Example of one measurement position and antenna tilt for FAR site validation	51
Figure 41 – Typical quasi free-space reference SA measurement set-up.....	54
Figure 42 – Theoretical free-space NSA as a function of frequency for different measurement distances [see Equation (38)]	56
Figure 43 – RX antenna <i>E</i> -plane radiation pattern example with limit for 3 m distance and 2 m EUT width.....	23
Figure 44 – Determination of maximum useable EUT width using half power beam-width.....	24
Figure 45 – Determination of maximum useable EUT height using half power beam-width	24
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	86
Figure B.1 – Method using network analyzer.....	92
Figure B.2 – Method using measuring receiver and signal generator	93
Figure B.3 – Example of capacitor mounting in dummy antenna.....	93
Figure C.1 – The loop-antenna system, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	96
Figure C.2 – A large-loop antenna containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	97
Figure C.3 – Construction of the antenna slit	98
Figure C.4 – Example of antenna-slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	98
Figure C.5 – Construction for the metal box containing the current probe.....	99
Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to ensure that there is no capacitive coupling from the leads to the loop.....	99
Figure C.7 – The eight positions of the balun-dipole during validation of the large-loop antenna	100
Figure C.8 – Validation factor for a large loop-antenna of 2 m diameter	100
Figure C.9 – Construction of the balun-dipole	101
Figure C.10 – Conversion factors C_{dA} [for conversion into dB($\mu A/m$)] and C_{dV} (for conversion into dB($\mu V/m$)) for two standardized measuring distances d	102
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	102

Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	105
---	-----

Table 1 – Normalized site attenuation (recommended geometries for tuned half-wave dipoles with horizontal polarization)	70
Table 2 – Normalized site attenuation* (recommended geometries for broadband antennas)	71
Table 3 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	72
Table 4 – Frequency ranges and step sizes	73
Table 5 – S_{VSWR} test position designations	70
Table 6 – S_{VSWR} reporting requirements	75
Table 7 – Site validation methods applicable for OATS, OATS-based, SAC and FAR site types	29
Table 8 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, with horizontal polarization	31
Table 9 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, vertical polarization	32
Table 10 – Theoretical normalized site attenuation ^a , A_N – Recommended geometries for broadband antennas	33
Table 11 – Mutual impedance correction factors for NSA test using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart	36
Table 12 – Example template for A_{APR} data sets	38
Table 13 – RSM frequency steps	38
Table 14 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	49
Table 15 – Frequency ranges and step sizes for FAR site validation	51
Table D.1 – Maximum roughness for 3 m, 10 m and 30 m measurement distances	105
Table E.1 – Normalized site attenuation^a – Recommended geometries for broadband antennas	70
Table E.2 – Normalized site attenuation – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, horizontal polarization	71
Table E.3 – Normalized site attenuation – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles – vertical polarization	72
Table E.4 – Mutual coupling correction factors for geometry using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart	73
Table F.1 – Error budget	112
Table G.1 – Antenna pair reference site attenuation calibration using the averaging technique	114
Table G.2 – Antenna pair reference site attenuation calibration using REFTS	115
Table G.3 – COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	116

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

DISCLAIMER

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

This Consolidated version of CISPR 16-1-4 bears the edition number 3.2. It consists of the third edition (2010-04) [documents CISPR/A/885/FDIS and CISPR/A/891/RVD] and its corrigendum (2010-12), its amendment 1 (2012-07) [documents CISPR/A/995/FDIS and CISPR/A/1005/RVD] and its amendment 2 (2017-01) [documents CISPR/A/1994/FDIS and CISPR/A/1203/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

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

This edition includes the following significant technical change with respect to the previous edition: provisions are added to address evaluation of a set-up table in the frequency range above 1 GHz.

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 amendments 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.

INTRODUCTION (to Amendment 1)

This amendment introduces the Reference Site Method (RSM). In addition to introducing new content, Clause 5 is significantly restructured. To aid the reader in navigating this amendment, the following table provides a comparison of subclauses in the existing Edition 3.0 with those in this amendment. This introduction will be removed before the subsequent edition is published.

Comparison of Clause 5 between original Edition 3.0 and Amendment 1

Original Edition 3.0		Amendment 1	
5	Test sites for the measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz	5	Test sites for the measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1000 MHz
5.1	General	5.1	General
5.2	OATS	5.2	OATS
5.2.1	General	5.2.1	General
5.2.2	Weather protection enclosure	5.2.2	Weather protection enclosure
5.2.3	Obstruction-free area	5.2.3	Obstruction-free area
5.2.4	Ambient radio frequency environment of a test site	5.2.4	Ambient radio frequency environment of a test site
5.2.5	Ground plane	5.2.5	Ground plane
5.2.6	OATS validation procedure		
5.3	Test site suitability for other ground-plane test sites	5.3	Suitability of other test sites
5.3.1	General	5.3.1	Other ground-plane test sites
5.3.2	Normalized site attenuation for alternative test sites	5.3.2	Test sites without ground plane (FAR)
5.3.3	Site attenuation		
5.3.4	Conducting ground plane		
5.4	Test site suitability without ground plane	5.4	Test site validation
5.4.1	Measurement considerations for free space test sites, as realized by fully-absorber-lined shielded enclosures	5.4.1	General
5.4.2	Site performance	5.4.2	Overview of test site validations
5.4.3	Site validation criteria	5.4.3	Principles and values of the NSA method for OATS and SAC
		5.4.4	Reference site method for OATS and SAC
		5.4.5	Validation of an OATS by the NSA method
		5.4.6	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC
		5.4.7	Site validation for FARs
5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower	5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower
5.5.1	General	5.5.1	General
5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences	5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences

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 co-operate 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, and further information on radio disturbance is given in Part 3 of CISPR 16. Uncertainties, statistics and limit modelling are covered in Part 4 of CISPR 16.

2 Normative references

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

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 16-1-5:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz*

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/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2010, *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:~~2003~~, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

~~Amendment 1(2005)~~
~~Amendment 2(2006)~~

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

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 61000-4-20, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	150
INTRODUCTION (à l'Amendement 1)	152
1 Domaine d'application	153
2 Références normatives	153
3 Termes, définitions et abréviations	154
3.1 Termes et définitions	154
3.2 Abréviations	158
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	159
4.1 Généralités	159
4.2 Paramètre physique pour les mesures des émissions rayonnées	159
4.3 Gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz	159
4.3.1 Généralités	159
4.3.2 Antenne magnétique	159
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	160
4.4 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz	160
4.4.1 Antenne électrique	160
4.4.2 Antenne magnétique	160
4.4.3 Performance d'équilibrage et de polarisation croisée des antennes	161
4.5 Gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	161
4.5.1 Généralités	161
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en l'absence de non-conformité présumée du champ E	161
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	161
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	164
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	166
4.6 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	167
4.6.1 Généralités	167
4.6.2 Antenne de réception	167
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes cadres	169
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	170
5.1 Généralités	170
5.2 OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)	170
5.2.1 Généralités	170
5.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries	170
5.2.3 Zone sans obstacle	171
5.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	174
5.2.5 Plan de sol	174
5.2.6 Procédure de validation d'OATS	174
5.3 Aptitude des emplacements d'essai pour les autres emplacements sites d'essai à plan de sol	179
5.3.1 Généralités Autres sites d'essai à plan de sol	179
5.3.2 Affaiblissement normalisé d'emplacement pour les autres emplacements d'essai Sites d'essai sans plan de sol (FAR)	180
5.3.3 Affaiblissement de l'emplacement	180
5.3.4 Plan de sol conducteur	180

5.4	Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol Validation des sites d'essai.....	185
5.4.1	Aspects de mesure pour les emplacements d'essai en espace libre constitués par des enceintes blindées entièrement tapissées d'absorbants Généralités	185
5.4.2	Performances d'emplacement Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai	186
5.4.3	Critères de validation d'emplacement Principes et valeurs de la méthode du NSA pour OATS et SAC	195
5.4.4	Méthode de site de référence pour OATS et SAC	203
5.4.5	Validation d'un OATS par la méthode du NSA	209
5.4.6	Validation d'un OATS protégé contre les intempéries par une enceinte ou d'une SAC.....	212
5.4.7	Validation de site pour les FAR	215
5.5	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	224
5.5.1	Généralités	224
5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai.....	224
6	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée	226
6.1	Généralités	226
6.2	Chambre	226
6.2.1	Dimensions et forme de la chambre	226
6.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage	226
6.2.3	Agitateurs	227
6.2.4	Essai de rendement des agitateurs	228
6.2.5	Affaiblissement de couplage	228
7	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées.....	229
8	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.....	229
8.1	Généralités	229
8.2	Emplacement d'essai de référence	229
8.3	Validation de l'emplacement d'essai.....	229
8.3.1	Généralités	229
8.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	231
8.3.3	Procédures de validation de l'emplacement – évaluation de S_{VSWR}	231
8.4	Autres emplacements d'essai	244
9	Dispositifs d'absorption en mode commun.....	244
9.1	Généralités	244
9.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	245
9.3	Montage d'essai de CMAD	245
9.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	246
9.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	248
9.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite	249
	Annexe A (normative) Paramètres des antennes	252
	Annexe B (normative) Équations donnant les caractéristiques de l'antenne monopole (antenne fouet de 1 m) et caractérisation du réseau d'adaptation associé à l'antenne	259
	Annexe C (normative) Système d'antennes cadres pour les mesures du courant induit par un champ magnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz.....	264
	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 5)	273

Annexe E (normative) Procédure de validation de l'emplacement d'essai en zone dégagée pour la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (voir Article 5) (Vide)	277
Annexe F (informative) Base du critère de 4 dB d'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 5)	281
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	283
Bibliographie	286

Figure 1 – Représentation schématique du rayonnement de l'EUT atteignant une antenne LPDA directement et via des réflexions sur le sol sur un emplacement de 3 m, présentant la moitié de l'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi 161

Figure 2 – Zone sans obstacle d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante (voir 5.2.3) 169

Figure 3 – Zone sans obstacle avec EUT fixe (voir 5.2.3) 169

~~Figure 4 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation horizontale de l'affaiblissement de l'emplacement (voir 5.2.6 et Annexe E) 169~~

~~Figure 5 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation verticale de l'affaiblissement de l'emplacement avec des doublets accordés (voir 5.2.6 et Annexe E) 169~~

~~Figure 6 – Positions types d'antenne pour les mesures de NSA en polarisation verticale d'autres emplacements d'essai 169~~

~~Figure 7 – Positions types d'antenne pour les mesures de NSA en polarisation horizontale d'autres emplacements d'essai 169~~

~~Figure 8 – Positions types d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure de NSA en polarisation verticale pour un petit EUT 169~~

~~Figure 9 – Positions types d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure de NSA en polarisation horizontale pour un petit EUT 169~~

~~Figure 10 – Graphique du NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure (voir Équation (10)) 169~~

~~Figure 11 – Positions de mesure pour la procédure de validation de l'emplacement 169~~

~~Figure 12 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la procédure de validation de l'emplacement 169~~

~~Figure 13 – Montage de mesure de l'affaiblissement d'emplacement de référence type en espace libre 169~~

Figure 14 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus) 208

Figure 15 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté) 208

Figure 16 – Exemple d'agitateur à aubes type 209

Figure 17 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 16 210

Figure 18 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement) 214

Figure 19 – Diagramme de rayonnement dans le plan H d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement) 216

Figure 20 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 8.3.3.2.2) 217

Figure 21 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur) 219

Figure 22 – Exigences relatives aux positions d'essai conditionnelles 225

Figure 23 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai 228

Figure 24 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL 230

Figure 25 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 9.1 à 9.3 231

Figure 26 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage.....	232
Figure 27 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur.....	233
Figure 28 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif.....	233
Figure 29 – Configuration de l'équipement de mesure de l' affaiblissement de site en polarisation horizontale	181
Figure 30 – Configuration de l'équipement de mesure de l' affaiblissement de site en polarisation verticale avec des doublets accordés.....	182
Figure 31 – Position des points d'essai pour un essai à une distance de 3 m	187
Figure 32 – Position des points d'essai appariés pour toutes les distances d'essai	189
Figure 33 – Exemple de sélection de points d'essai appariés pour un essai à une distance de 10 m.....	190
Figure 34 – Illustration d'une étude de l'influence du mât d'antenne sur A_{APR}	190
Figure 35 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation verticale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC	195
Figure 36 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation horizontale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC	196
Figure 37 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation verticale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC pour un EUT plus petit.....	196
Figure 38 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation horizontale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC pour un EUT plus petit.....	197
Figure 39 – Positions de mesure pour la validation d'emplacement d'une FAR	199
Figure 40 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	200
Figure 41 – Montage de mesure du SA de référence type en quasi espace libre.....	203
Figure 42 – NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure [voir Equation (38)].....	205
Figure 43 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne RX dans une limite de 3 m de distance et de 2 m de largeur de l'EUT	166
Figure 44 – Détermination de la largeur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance	166
Figure 45 – Détermination de la hauteur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance	167
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	237
Figure B.1 – Méthode utilisant un analyseur de réseau	243
Figure B.2 – Méthode utilisant un récepteur de mesure et un générateur de signal.....	244
Figure B.3 – Exemple de montage du condensateur dans une antenne fictive	244
Figure C.1 – Système d'antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires	247
Figure C.2 – Antenne de grand diamètre, comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant	248
Figure C.3 – Construction de la fente de l'antenne.....	249
Figure C.4 – Exemple de construction de fente d'antenne utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide	249
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant.....	250
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'EUT afin de s'assurer qu'il n'y a pas de couplage capacitif entre les conducteurs et la boucle	250

Figure C.7 – Les huit positions du doublet symétrique/dissymétrique durant la validation de l'antenne cadre de grand diamètre	251
Figure C.8 – Facteur de validation d'une grande antenne cadre de 2 m de diamètre	251
Figure C.9 – Construction du doublet symétrique/dissymétrique.....	252
Figure C.10 – Facteurs de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB ($\mu A/m$)] et C_{dV} (pour la conversion en dB ($\mu V/m$)) pour deux distances de mesure normalisées d	253
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	253
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol	256

~~Tableau 1 – Affaiblissement normalisé d'emplacement (géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation horizontale).....~~

~~Tableau 2 – Affaiblissement normalisé d'emplacement* (géométries recommandées pour les antennes à large bande).....~~

~~Tableau 3 – Dimensions maximales du volume d'essai en fonction de la distance d'essai.....~~

~~Tableau 4 – Gammes de fréquences et tailles de pas.....~~

Tableau 5 – Désignations des positions d'essai de S_{VSWR} 220

Tableau 6 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR} 226

Tableau 7 – Méthodes de validation de site applicables pour les types de site OATS, à base d'OATS, SAC et FAR 176

Tableau 8 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés à polarisation horizontale..... 178

Tableau 9 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés à polarisation verticale..... 179

Tableau 10 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les antennes à large bande 180

Tableau 11 – Facteurs de correction d'impédance mutuelle pour l'essai du NSA avec des doublets résonnants accordables espacés de 3 m..... 183

Tableau 12 – Exemple de modèle pour les ensembles de données A_{APR} 185

Tableau 13 – Pas de fréquence de la RSM 186

Tableau 14 – Dimensions maximum du volume d'essai en fonction de la distance d'essai 197

Tableau 15 – Gammes de fréquences et pas pour la validation d'emplacement d'une FAR..... 200

Tableau D.1 – Rugosité maximum pour des distances de mesure de 3 m, 10 m et 30 m 256

~~Tableau E.1 – Affaiblissement normalisé d'emplacement – Géométries recommandées pour les antennes à large bande.....~~

~~Tableau E.2 – Affaiblissement normalisé d'emplacement – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation horizontale.....~~

~~Tableau E.3 – Affaiblissement normalisé d'emplacement – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation verticale.....~~

~~Tableau E.4 – Facteurs de correction de couplage mutuel pour la géométrie utilisant des doublets résonnants accordables séparés de 3 m.....~~

Tableau F.1 – Bilan d'erreur 263

Tableau G.1 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage..... 265

Tableau G.2 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide du REFTS 266

Tableau G.3 – Validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes.....	267
--	-----

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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

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

Cette version consolidée de la CISPR 16-1-4 porte le numéro d'édition 3.2. Elle comprend la troisième édition (2010-04) [documents CISPR/A/885/FDIS et CISPR/A/891/RVD] et son corrigendum (2010-12), son amendement 1 (2012-07) [documents CISPR/A/995/FDIS et CISPR/A/1005/RVD] et son amendement 2 (2017-01) [documents CISPR/A/1994/FDIS et CISPR/A/1203/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

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

La présente édition contient les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente: des dispositions sont ajoutées pour traiter l'évaluation d'une table d'essai dans la gamme des fréquences supérieures à 1 GHz.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de la IEC, *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 CISPR 16, sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, est disponible sur le site web de la IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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.

INTRODUCTION (à l'Amendement 1)

Le présent amendement présente la méthode de site de référence (RSM). Outre l'introduction de nouveau contenu, la structure de l'Article 5 a été largement remaniée. Le tableau ci-dessous, qui vise à aider le lecteur à parcourir le présent amendement, compare les paragraphes de l'Edition 3.0 existante à ceux du présent amendement. La présente introduction sera supprimée avant la publication de la prochaine édition.

Comparaison de l'Article 5 de l'Edition 3.0 initiale et de celui de l'Amendement 1

Edition 3.0 initiale		Amendement 1	
5	Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	5	Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz
5.1	Généralités	5.1	Généralités
5.2	OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)	5.2	OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)
5.2.1	Généralités	5.2.1	Généralités
5.2.2	Enceinte de protection contre les intempéries	5.2.2	Enceinte de protection contre les intempéries
5.2.3	Zone sans obstacle	5.2.3	Zone sans obstacle
5.2.4	Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	5.2.4	Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai
5.2.5	Plan de sol	5.2.5	Plan de sol
5.2.6	Procédure de validation d'OATS		
5.3	Aptitude des emplacements d'essai pour les autres emplacements d'essai à plan de sol	5.3	Aptitude des autres sites d'essai
5.3.1	Généralités	5.3.1	Autres sites d'essai à plan de sol
5.3.2	Affaiblissement normalisé d'emplacement pour les autres emplacements d'essai	5.3.2	Sites d'essai sans plan de sol (FAR)
5.3.3	Affaiblissement de l'emplacement		
5.3.4	Plan de sol conducteur		
5.4	Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol	5.4	Validation des sites d'essai
5.4.1	Aspects de mesure pour les emplacements d'essai en espace libre constitués par des enceintes blindées entièrement tapissées d'absorbants	5.4.1	Généralités
5.4.2	Performances d'emplacement	5.4.2	Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai
5.4.3	Critères de validation d'emplacement	5.4.3	Principes et valeurs de la méthode du NSA pour OATS et SAC
		5.4.4	Méthode de site de référence pour OATS et SAC
		5.4.5	Validation d'un OATS par la méthode du NSA
		5.4.6	Validation d'un OATS ou protégé contre les intempéries par une enceinte d'une SAC
		5.4.7	Validation de site pour les FAR
5.5	Evaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	5.5	Evaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne
5.5.1	Généralités	5.5.1	Généralités
5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai	5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai

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 la IEC, la CISPR 16-1-4 est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de la 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, et des informations supplémentaires sur les perturbations radioélectriques sont données dans la Partie 3 de la CISPR 16. Les incertitudes, les statistiques et la modélisation des limites sont couvertes par la Partie 4 de la CISPR 16.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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 16-1-5:2003, *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'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz*

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 – Étalonnage des antennes CEM*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2010, *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:~~2003~~, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports* (disponible en anglais uniquement)

~~Amendement 1(2005)~~

~~Amendement 2(2006)~~

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 (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 61000-4-20, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM*

FINAL VERSION

VERSION FINALE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 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.....	7
INTRODUCTION (to Amendment 1)	9
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms, definitions and abbreviations	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations.....	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	16
4.1 General.....	16
4.2 Physical parameter for radiated emission measurements	16
4.3 Frequency range 9 kHz to 150 kHz	16
4.3.1 General	16
4.3.2 Magnetic antenna	16
4.3.3 Shielding of loop antenna.....	17
4.4 Frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	17
4.4.1 Electric antenna.....	17
4.4.2 Magnetic antenna	17
4.4.3 Balance/cross-polar performance of antennas	17
4.5 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	17
4.5.1 General	17
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the <i>E</i> -field limit.....	18
4.5.3 Antenna characteristics.....	18
4.5.4 Balance of antenna	20
4.5.5 Cross-polar response of antenna	21
4.6 Frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	22
4.6.1 General	22
4.6.2 Receive antenna	22
4.7 Special antenna arrangements – Loop antenna system	24
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz.....	25
5.1 General	25
5.2 OATS	25
5.2.1 General	25
5.2.2 Weather protection enclosure	25
5.2.3 Obstruction-free area	25
5.2.4 Ambient radio frequency environment of a test site.....	27
5.2.5 Ground plane	27
5.3 Suitability of other test sites	28
5.3.1 Other ground-plane test sites	28
5.3.2 Test sites without ground plane (FAR).....	28
5.4 Test site validation.....	28
5.4.1 General	28
5.4.2 Overview of test site validations	29
5.4.3 Principles and values of the NSA method for OATS and SAC	29
5.4.4 Reference site method for OATS and SAC	36

5.4.5	Validation of an OATS by the NSA method	42
5.4.6	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC	45
5.4.7	Site validation for FARs	48
5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower	56
5.5.1	General	56
5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences	56
6	Reverberating chamber for total radiated power measurement	58
6.1	General	58
6.2	Chamber	58
6.2.1	Chamber size and shape.....	58
6.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets	58
6.2.3	Stirrers	59
6.2.4	Test for the efficiency of the stirrers	59
6.2.5	Coupling attenuation	60
7	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement.....	61
8	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	61
8.1	General	61
8.2	Reference test site	61
8.3	Validation of the test site.....	61
8.3.1	General	61
8.3.2	Acceptance criterion for site validation	62
8.3.3	Site validation procedures – Evaluation of S_{VSWR}	63
8.4	Alternative test sites	75
9	Common mode absorption devices.....	75
9.1	General	75
9.2	CMAD S -parameter measurements	75
9.3	CMAD test jig	75
9.4	Measurement method using the TRL calibration	77
9.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD	79
9.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator	79
Annex A (normative)	Parameters of antennas.....	82
Annex B (normative)	Monopole (1 m rod) antenna performance equations and characterization of the associated antenna matching network	89
Annex C (normative)	Loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....	94
Annex D (normative)	Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 5).....	103
Annex E (Void)		107
Annex F (informative)	Basis for 4 dB site acceptability criterion (see Clause 5)	108
Annex G (informative)	Examples of uncertainty budgets for site validation of a COMTS using RSM with a calibrated antenna pair	110
Bibliography		113

Figure 1 – Schematic of radiation from EUT reaching an LPDA antenna directly and via ground reflections on a 3 m site, showing the half beamwidth, φ , at the reflected ray.....	19
Figure 2 – Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 5.2.3).....	26
Figure 3 – Obstruction-free area with stationary EUT (see 5.2.3)	27

Figure 14 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view)	58
Figure 15 – Antenna position above the set-up table (side view)	58
Figure 16 – Example of a typical paddle stirrer	59
Figure 17 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 16	60
Figure 18 – Transmit antenna <i>E</i> -plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only)	64
Figure 19 – Transmit antenna <i>H</i> -plane radiation pattern (this example is for informative purposes only)	65
Figure 20 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 8.3.3.2.2 for description)	66
Figure 21 – S_{VSWR} positions (height requirements)	68
Figure 22 – Conditional test position requirements	74
Figure 23 – Definition of the reference planes inside the test jig	76
Figure 24 – The four configurations for the TRL calibration	78
Figure 25 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to provisions of 9.1 to 9.3	79
Figure 26 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig	80
Figure 27 – Example of a matching adaptor with balun or transformer	81
Figure 28 – Example of a matching adaptor with resistive matching network	81
Figure 29 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in horizontal polarization	33
Figure 30 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in vertical polarization using tuned dipoles	34
Figure 31 – Test point locations for 3 m test distance	38
Figure 32 – Paired test point locations for all test distances	40
Figure 33 – Example of paired test point selection for a test distance of 10 m	41
Figure 34 – Illustration of an investigation of influence of antenna mast on A_{APR}	41
Figure 35 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Vertical polarization validation measurements	46
Figure 36 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Horizontal polarization validation measurements	46
Figure 37 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Vertical polarization validation measurements for a smaller EUT	47
Figure 38 – Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – Horizontal polarization validation measurements for a smaller EUT	47
Figure 39 – Measurement positions for FAR site validation	49
Figure 40 – Example of one measurement position and antenna tilt for FAR site validation	50
Figure 41 – Typical quasi free-space reference SA measurement set-up	53
Figure 42 – Theoretical free-space NSA as a function of frequency for different measurement distances [see Equation (38)]	55
Figure 43 – RX antenna <i>E</i> -plane radiation pattern example with limit for 3 m distance and 2 m EUT width	23
Figure 44 – Determination of maximum useable EUT width using half power beam-width	24

Figure 45 – Determination of maximum useable EUT height using half power beam-width	24
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	85
Figure B.1 – Method using network analyzer	91
Figure B.2 – Method using measuring receiver and signal generator	92
Figure B.3 – Example of capacitor mounting in dummy antenna	92
Figure C.1 – The loop-antenna system, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	95
Figure C.2 – A large-loop antenna containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	96
Figure C.3 – Construction of the antenna slit	97
Figure C.4 – Example of antenna-slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	97
Figure C.5 – Construction for the metal box containing the current probe	98
Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to ensure that there is no capacitive coupling from the leads to the loop	98
Figure C.7 – The eight positions of the balun-dipole during validation of the large-loop antenna	99
Figure C.8 – Validation factor for a large loop-antenna of 2 m diameter	99
Figure C.9 – Construction of the balun-dipole	100
Figure C.10 – Conversion factors C_{dA} [for conversion into $\text{dB}(\mu\text{A/m})$] and C_{dV} (for conversion into $\text{dB}(\mu\text{V/m})$) for two standardized measuring distances d	101
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	101
Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	104
Table 5 – S_{VSWR} test position designations	69
Table 6 – S_{VSWR} reporting requirements	74
Table 7 – Site validation methods applicable for OATS, OATS-based, SAC and FAR site types	29
Table 8 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, with horizontal polarization	30
Table 9 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, vertical polarization	31
Table 10 – Theoretical normalized site attenuation ^a , A_N – Recommended geometries for broadband antennas	32
Table 11 – Mutual impedance correction factors for NSA test using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart	35
Table 12 – Example template for A_{APR} data sets	37
Table 13 – RSM frequency steps	37
Table 14 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	48
Table 15 – Frequency ranges and step sizes for FAR site validation	50
Table D.1 – Maximum roughness for 3 m, 10 m and 30 m measurement distances	104
Table F.1 – Error budget	108
Table G.1 – Antenna pair reference site attenuation calibration using the averaging technique	110

Table G.2 – Antenna pair reference site attenuation calibration using REFTS	111
Table G.3 – COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	112

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

DISCLAIMER

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

This Consolidated version of CISPR 16-1-4 bears the edition number 3.2. It consists of the third edition (2010-04) [documents CISPR/A/885/FDIS and CISPR/A/891/RVD] and its corrigendum (2010-12), its amendment 1 (2012-07) [documents CISPR/A/995/FDIS and CISPR/A/1005/RVD] and its amendment 2 (2017-01) [documents CISPR/A/1994/FDIS and CISPR/A/1203/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

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

This edition includes the following significant technical change with respect to the previous edition: provisions are added to address evaluation of a set-up table in the frequency range above 1 GHz.

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 amendments 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.

INTRODUCTION (to Amendment 1)

This amendment introduces the Reference Site Method (RSM). In addition to introducing new content, Clause 5 is significantly restructured. To aid the reader in navigating this amendment, the following table provides a comparison of subclauses in the existing Edition 3.0 with those in this amendment. This introduction will be removed before the subsequent edition is published.

Comparison of Clause 5 between original Edition 3.0 and Amendment 1

Original Edition 3.0		Amendment 1	
5	Test sites for the measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz	5	Test sites for the measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1000 MHz
5.1	General	5.1	General
5.2	OATS	5.2	OATS
5.2.1	General	5.2.1	General
5.2.2	Weather protection enclosure	5.2.2	Weather protection enclosure
5.2.3	Obstruction-free area	5.2.3	Obstruction-free area
5.2.4	Ambient radio frequency environment of a test site	5.2.4	Ambient radio frequency environment of a test site
5.2.5	Ground plane	5.2.5	Ground plane
5.2.6	OATS validation procedure		
5.3	Test site suitability for other ground-plane test sites	5.3	Suitability of other test sites
5.3.1	General	5.3.1	Other ground-plane test sites
5.3.2	Normalized site attenuation for alternative test sites	5.3.2	Test sites without ground plane (FAR)
5.3.3	Site attenuation		
5.3.4	Conducting ground plane		
5.4	Test site suitability without ground plane	5.4	Test site validation
5.4.1	Measurement considerations for free space test sites, as realized by fully-absorber-lined shielded enclosures	5.4.1	General
5.4.2	Site performance	5.4.2	Overview of test site validations
5.4.3	Site validation criteria	5.4.3	Principles and values of the NSA method for OATS and SAC
		5.4.4	Reference site method for OATS and SAC
		5.4.5	Validation of an OATS by the NSA method
		5.4.6	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC
		5.4.7	Site validation for FARs
5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower	5.5	Evaluation of set-up table and antenna tower
5.5.1	General	5.5.1	General
5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences	5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences

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 co-operate 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, and further information on radio disturbance is given in Part 3 of CISPR 16. Uncertainties, statistics and limit modelling are covered in Part 4 of CISPR 16.

2 Normative references

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

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 16-1-5:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz*

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/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2010, *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 – Uncertainty in EMC measurements*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 61000-4-20, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	121
INTRODUCTION (à l'Amendement 1)	123
1 Domaine d'application	124
2 Références normatives	124
3 Termes, définitions et abréviations	125
3.1 Termes et définitions	125
3.2 Abréviations	129
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	130
4.1 Généralités	130
4.2 Paramètre physique pour les mesures des émissions rayonnées	130
4.3 Gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz	130
4.3.1 Généralités	130
4.3.2 Antenne magnétique	130
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	131
4.4 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz	131
4.4.1 Antenne électrique	131
4.4.2 Antenne magnétique	131
4.4.3 Performance d'équilibrage et de polarisation croisée des antennes	131
4.5 Gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	132
4.5.1 Généralités	132
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en l'absence de non-conformité présumée du champ <i>E</i>	132
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	132
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	134
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	135
4.6 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	136
4.6.1 Généralités	136
4.6.2 Antenne de réception	137
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes cadres	139
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	139
5.1 Généralités	139
5.2 OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)	140
5.2.1 Généralités	140
5.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries	140
5.2.3 Zone sans obstacle	140
5.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	142
5.2.5 Plan de sol	142
5.3 Aptitude des autres sites d'essai	142
5.3.1 Autres sites d'essai à plan de sol	142
5.3.2 Sites d'essai sans plan de sol (FAR)	143
5.4 Validation des sites d'essai	143
5.4.1 Généralités	143
5.4.2 Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai	144
5.4.3 Principes et valeurs de la méthode du NSA pour OATS et SAC	144
5.4.4 Méthode de site de référence pour OATS et SAC	152

5.4.5	Validation d'un OATS par la méthode du NSA	158
5.4.6	Validation d'un OATS protégé contre les intempéries par une enceinte ou d'une SAC.....	162
5.4.7	Validation de site pour les FAR	165
5.5	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	173
5.5.1	Généralités	173
5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai.....	173
6	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée	175
6.1	Généralités	175
6.2	Chambre	175
6.2.1	Dimensions et forme de la chambre	175
6.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage	175
6.2.3	Agitateurs	176
6.2.4	Essai de rendement des agitateurs	177
6.2.5	Affaiblissement de couplage	177
7	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées.....	178
8	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.....	178
8.1	Généralités	178
8.2	Emplacement d'essai de référence	178
8.3	Validation de l'emplacement d'essai.....	178
8.3.1	Généralités	178
8.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	180
8.3.3	Procédures de validation de l'emplacement – évaluation de S_{VSWR}	180
8.4	Autres emplacements d'essai	193
9	Dispositifs d'absorption en mode commun.....	193
9.1	Généralités	193
9.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	194
9.3	Montage d'essai de CMAD	194
9.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	195
9.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	197
9.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite	198
Annexe A (normative) Paramètres des antennes		201
Annexe B (normative) Équations donnant les caractéristiques de l'antenne monopole (antenne fouet de 1 m) et caractérisation du réseau d'adaptation associé à l'antenne		208
Annexe C (normative) Système d'antennes cadres pour les mesures du courant induit par un champ magnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz.....		213
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 5)		222
Annexe E (Vide).....		226
Annexe F (informative) Base du critère de 4 dB d'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 5)		227
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		229
Bibliographie		232

Figure 1 – Représentation schématique du rayonnement de l'EUT atteignant une antenne LPDA directement et via des réflexions sur le sol sur un emplacement de 3 m, présentant la moitié de l'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi..... 133

Figure 2 – Zone sans obstacle d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante (voir 5.2.3)	141
Figure 3 – Zone sans obstacle avec EUT fixe (voir 5.2.3)	141
Figure 14 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus)	175
Figure 15 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté)	175
Figure 16 – Exemple d'agitateur à aubes type.....	176
Figure 17 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 16.....	177
Figure 18 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement)	181
Figure 19 – Diagramme de rayonnement dans le plan H d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement)	183
Figure 20 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 8.3.3.2.2)	184
Figure 21 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur).....	186
Figure 22 – Exigences relatives aux positions d'essai conditionnelles	192
Figure 23 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai	195
Figure 24 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL	197
Figure 25 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 9.1 à 9.3.....	198
Figure 26 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage.....	199
Figure 27 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur.....	200
Figure 28 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif.....	200
Figure 29 – Configuration de l'équipement de mesure de l'affaiblissement de site en polarisation horizontale	148
Figure 30 – Configuration de l'équipement de mesure de l'affaiblissement de site en polarisation verticale avec des doublets accordés.....	149
Figure 31 – Position des points d'essai pour un essai à une distance de 3 m	154
Figure 32 – Position des points d'essai appariés pour toutes les distances d'essai	157
Figure 33 – Exemple de sélection de points d'essai appariés pour un essai à une distance de 10 m.....	158
Figure 34 – Illustration d'une étude de l'influence du mât d'antenne sur A_{APR}	158
Figure 35 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation verticale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC	163
Figure 36 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation horizontale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC	163
Figure 37 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation verticale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC pour un EUT plus petit.....	164
Figure 38 – Positions types des antennes pour les mesures de validation en polarisation horizontale d'un OATS protégé contre les intempéries ou d'une SAC pour un EUT plus petit.....	165
Figure 39 – Positions de mesure pour la validation d'emplacement d'une FAR	166
Figure 40 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	167
Figure 41 – Montage de mesure du SA de référence type en quasi espace libre.....	170
Figure 42 – NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure [voir Equation (38)].....	172

Figure 43 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne RX dans une limite de 3 m de distance et de 2 m de largeur de l'EUT	138
Figure 44 – Détermination de la largeur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance	138
Figure 45 – Détermination de la hauteur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance	139
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	204
Figure B.1 – Méthode utilisant un analyseur de réseau	210
Figure B.2 – Méthode utilisant un récepteur de mesure et un générateur de signal	211
Figure B.3 – Exemple de montage du condensateur dans une antenne fictive	211
Figure C.1 – Système d'antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires	214
Figure C.2 – Antenne de grand diamètre, comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant	215
Figure C.3 – Construction de la fente de l'antenne	216
Figure C.4 – Exemple de construction de fente d'antenne utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide	216
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant	217
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'EUT afin de s'assurer qu'il n'y a pas de couplage capacitif entre les conducteurs et la boucle	217
Figure C.7 – Les huit positions du doublet symétrique/dissymétrique durant la validation de l'antenne cadre de grand diamètre	218
Figure C.8 – Facteur de validation d'une grande antenne cadre de 2 m de diamètre	218
Figure C.9 – Construction du doublet symétrique/dissymétrique	219
Figure C.10 – Facteurs de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB ($\mu A/m$)] et C_{dV} (pour la conversion en dB ($\mu V/m$)) pour deux distances de mesure normalisées d	220
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	220
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol	223
Tableau 5 – Désignations des positions d'essai de S_{VSWR}	187
Tableau 6 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR}	193
Tableau 7 – Méthodes de validation de site applicables pour les types de site OATS, à base d'OATS, SAC et FAR	143
Tableau 8 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés à polarisation horizontale	145
Tableau 9 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés à polarisation verticale	146
Tableau 10 – Affaiblissement de site normalisé théorique, A_N – Géométries recommandées pour les antennes à large bande	147
Tableau 11 – Facteurs de correction d'impédance mutuelle pour l'essai du NSA avec des doublets résonnants accordables espacés de 3 m	151
Tableau 12 – Exemple de modèle pour les ensembles de données A_{APR}	153
Tableau 13 – Pas de fréquence de la RSM	153
Tableau 14 – Dimensions maximum du volume d'essai en fonction de la distance d'essai	165
Tableau 15 – Gammes de fréquences et pas pour la validation d'emplacement d'une FAR	168

Tableau D.1 – Rugosité maximum pour des distances de mesure de 3 m, 10 m et 30 m	223
Tableau F.1 – Bilan d'erreur	227
Tableau G.1 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage.....	229
Tableau G.2 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide du REFTS	230
Tableau G.3 – Validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes.....	231

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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

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

Cette version consolidée de la CISPR 16-1-4 porte le numéro d'édition 3.2. Elle comprend la troisième édition (2010-04) [documents CISPR/A/885/FDIS et CISPR/A/891/RVD] et son corrigendum (2010-12), son amendement 1 (2012-07) [documents CISPR/A/995/FDIS et CISPR/A/1005/RVD] et son amendement 2 (2017-01) [documents CISPR/A/1994/FDIS et CISPR/A/1203/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

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

La présente édition contient les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente: des dispositions sont ajoutées pour traiter l'évaluation d'une table d'essai dans la gamme des fréquences supérieures à 1 GHz.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de la IEC, *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 CISPR 16, sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, est disponible sur le site web de la IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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.

INTRODUCTION (à l'Amendement 1)

Le présent amendement présente la méthode de site de référence (RSM). Outre l'introduction de nouveau contenu, la structure de l'Article 5 a été largement remaniée. Le tableau ci-dessous, qui vise à aider le lecteur à parcourir le présent amendement, compare les paragraphes de l'Edition 3.0 existante à ceux du présent amendement. La présente introduction sera supprimée avant la publication de la prochaine édition.

Comparaison de l'Article 5 de l'Edition 3.0 initiale et de celui de l'Amendement 1

Edition 3.0 initiale		Amendement 1	
5	Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	5	Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz
5.1	Généralités	5.1	Généralités
5.2	OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)	5.2	OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)
5.2.1	Généralités	5.2.1	Généralités
5.2.2	Enceinte de protection contre les intempéries	5.2.2	Enceinte de protection contre les intempéries
5.2.3	Zone sans obstacle	5.2.3	Zone sans obstacle
5.2.4	Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	5.2.4	Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai
5.2.5	Plan de sol	5.2.5	Plan de sol
5.2.6	Procédure de validation d'OATS		
5.3	Aptitude des emplacements d'essai pour les autres emplacements d'essai à plan de sol	5.3	Aptitude des autres sites d'essai
5.3.1	Généralités	5.3.1	Autres sites d'essai à plan de sol
5.3.2	Affaiblissement normalisé d'emplacement pour les autres emplacements d'essai	5.3.2	Sites d'essai sans plan de sol (FAR)
5.3.3	Affaiblissement de l'emplacement		
5.3.4	Plan de sol conducteur		
5.4	Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol	5.4	Validation des sites d'essai
5.4.1	Aspects de mesure pour les emplacements d'essai en espace libre constitués par des enceintes blindées entièrement tapissées d'absorbants	5.4.1	Généralités
5.4.2	Performances d'emplacement	5.4.2	Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai
5.4.3	Critères de validation d'emplacement	5.4.3	Principes et valeurs de la méthode du NSA pour OATS et SAC
		5.4.4	Méthode de site de référence pour OATS et SAC
		5.4.5	Validation d'un OATS par la méthode du NSA
		5.4.6	Validation d'un OATS ou protégé contre les intempéries par une enceinte d'une SAC
		5.4.7	Validation de site pour les FAR
5.5	Evaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	5.5	Evaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne
5.5.1	Généralités	5.5.1	Généralités
5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai	5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai

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 la IEC, la CISPR 16-1-4 est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de la 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, et des informations supplémentaires sur les perturbations radioélectriques sont données dans la Partie 3 de la CISPR 16. Les incertitudes, les statistiques et la modélisation des limites sont couvertes par la Partie 4 de la CISPR 16.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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 16-1-5:2003, *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'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz*

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 – Étalonnage des antennes CEM*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

CISPR 16-2-3:2010, *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, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports* (disponible en anglais uniquement)

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 (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 61000-4-20, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM*