

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-6261-0

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

CONTENTS

FOREWORD.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms.....	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.2 Abbreviated terms.....	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance.....	16
4.1 General.....	16
4.2 Physical parameter (measurand) for radiated disturbance measurements.....	16
4.3 Antennas for the frequency range 9 kHz to 150 kHz.....	17
4.3.1 General.....	17
4.3.2 Magnetic field antenna.....	17
4.3.3 Shielding of loop antenna.....	17
4.4 Antennas for the frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	17
4.4.1 Electric field antenna.....	17
4.4.2 Magnetic field antenna.....	18
4.4.3 Balance and electric field discrimination of antennas.....	18
4.5 Antennas for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	18
4.5.1 General.....	18
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the electric disturbance field strength limit.....	18
4.5.3 Antenna characteristics.....	18
4.5.4 Balance of antenna.....	20
4.5.5 Cross-polar response of antenna.....	22
4.6 Antennas for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	23
4.6.1 General.....	23
4.6.2 Receive antenna.....	23
4.7 Special antenna arrangements – large-loop antenna system.....	25
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....	25
6 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz.....	26
6.1 General.....	26
6.2 OATS.....	26
6.2.1 General.....	26
6.2.2 Weather-protection enclosure.....	26
6.2.3 Obstruction-free area.....	26
6.2.4 Radio-frequency ambient environment of a test site.....	27
6.2.5 Ground plane.....	28
6.3 Suitability of other test sites.....	28
6.3.1 Other ground-plane test sites.....	28
6.3.2 Test sites without ground plane (FAR).....	28
6.4 Test site validations.....	29
6.4.1 General.....	29
6.4.2 Overview of test site validations.....	30
6.5 Basic parameters of the NSA method for OATS and SAC.....	30
6.5.1 General equation and table of theoretical NSA values.....	30

6.5.2	Antenna calibration	34
6.6	Reference site method for OATS and SAC	34
6.6.1	General.....	34
6.6.2	Antennas not permitted for RSM measurements	35
6.6.3	Determination of the antenna pair reference site attenuation on a REFTS.....	35
6.6.4	Determination of the antenna pair reference site attenuation using an averaging technique on a large OATS	36
6.7	Validation of an OATS by the NSA method	39
6.7.1	Discrete frequency method.....	39
6.7.2	Swept frequency method	40
6.8	Validation of a weather-protection-enclosed OATS or a SAC.....	41
6.9	Possible causes for exceeding site acceptability limits	43
6.10	Site validation for FARs	44
6.10.1	General.....	44
6.10.2	RSM for FAR sites	48
6.10.3	NSA method for FAR sites.....	50
6.10.4	Site validation criteria for FAR sites	52
6.11	Evaluation of set-up table and antenna tower.....	52
6.11.1	General.....	52
6.11.2	Evaluation procedure for set-up table influences.....	53
7	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	54
7.1	General.....	54
7.2	Reference test site	55
7.3	Test site validation	55
7.3.1	General.....	55
7.3.2	Acceptance criterion for site validation.....	56
7.4	Antenna requirements for S_{VSWR} standard test procedure.....	56
7.4.1	General.....	56
7.4.2	Transmit antenna	57
7.4.3	Antennas and test equipment for the S_{VSWR} reciprocal test procedure	59
7.5	Required positions for site validation testing	60
7.5.1	General.....	60
7.5.2	Descriptions of S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (Figure 23).....	60
7.5.3	Descriptions of S_{VSWR} additional measurement positions (Figure 24).....	61
7.5.4	Summary of S_{VSWR} measurement positions	62
7.6	S_{VSWR} site validation – standard test procedure.....	65
7.7	S_{VSWR} site validation – reciprocal test procedure using an isotropic field probe	66
7.8	S_{VSWR} conditional measurement position requirements.....	67
7.9	S_{VSWR} site validation test report	68
7.10	Limitations of the S_{VSWR} site validation method	68
7.11	Alternative test sites.....	69
8	Common mode absorption devices.....	69
8.1	General.....	69
8.2	CMAD S -parameter measurements.....	69
8.3	CMAD test jig.....	69
8.4	Measurement method using the TRL calibration.....	70

8.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD.....	72
8.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator.....	73
9	Reverberating chamber for total radiated power measurement.....	75
9.1	General.....	75
9.2	Chamber.....	75
9.2.1	Chamber size and shape.....	75
9.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets.....	75
9.2.3	Stirrers.....	76
9.2.4	Test for the efficiency of the stirrers.....	76
9.2.5	Coupling attenuation.....	77
10	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement.....	78
Annex A (normative)	Parameters of antennas.....	79
A.1	General.....	79
A.2	Preferred antennas.....	79
A.2.1	General.....	79
A.2.2	Calculable antenna.....	79
A.2.3	Low-uncertainty antennas.....	79
A.3	Simple dipole antennas.....	80
A.3.1	General.....	80
A.3.2	Tuned dipole.....	81
A.3.3	Shortened dipole.....	81
A.4	Broadband antenna parameters.....	82
A.4.1	General.....	82
A.4.2	Antenna type.....	83
A.4.3	Specification of the antenna.....	83
A.4.4	Antenna calibration.....	84
A.4.5	Antenna user information.....	84
Annex B (XXX)	(Void).....	85
Annex C (normative)	Large-loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....	86
C.1	General.....	86
C.2	Construction of an LLAS.....	86
C.3	Construction of a large-loop antenna (LLA).....	86
C.4	Validation of an LLA.....	91
C.5	Construction of the LLAS verification dipole antenna.....	92
C.6	Conversion factors.....	93
Annex D (normative)	Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 6).....	96
D.1	General.....	96
D.2	Ground plane construction.....	96
D.2.1	Material.....	96
D.2.2	Roughness.....	96
D.3	Services to EUT.....	97
D.4	Weather-protection enclosure construction.....	97
D.4.1	Materials and fasteners.....	97
D.4.2	Internal arrangements.....	98
D.4.3	Size.....	98
D.4.4	Uniformity with time and weather.....	98

D.5	Turntable and set-up table.....	98
D.6	Receive antenna mast installation	99
Annex E (xxx)	(Void)	100
Annex F (informative)	Basis for ± 4 dB site acceptability criterion (see Clause 6)	101
F.1	General.....	101
F.2	Error analysis.....	101
Annex G (informative)	Examples of uncertainty budgets for site validation of a COMTS using RSM with a calibrated antenna pair (see 6.6).....	103
G.1	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using the averaging technique	103
G.2	Quantities to be considered for antenna pair reference site attenuation calibration using a REFTS	104
G.3	Quantities to be considered for COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	105
Bibliography	106

Figure 1	– Schematic of radiation from EUT reaching an LPDA antenna directly and via ground reflections at a 3 m site, showing the beamwidth half-angle, φ , at the reflected ray.....	19
Figure 2	– RX antenna E-plane radiation pattern example, with limit area shaded for 3 m distance and 2 m EUT width	24
Figure 3	– Determination of maximum useable EUT width using half-power beamwidth.....	24
Figure 4	– Determination of maximum useable EUT height using half-power beamwidth	25
Figure 5	– Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 6.2.3)	27
Figure 6	– Obstruction-free area with stationary EUT (see 6.2.3)	27
Figure 7	– Test point locations for 3 m and 10 m test distances	36
Figure 8	– Paired test point locations for all test distances	38
Figure 9	– Example of paired test point selection for a test distance of 10 m	38
Figure 10	– Illustration of an investigation of influence of antenna mast on A_{APR}	39
Figure 11	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements	42
Figure 12	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements	42
Figure 13	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – vertical polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 14	– Typical antenna positions for a weather-protected OATS or a SAC – horizontal polarization validation measurements for a smaller EUT	43
Figure 15	– Measurement positions for FAR site validation	46
Figure 16	– Example of one measurement position and antenna tilt for FAR site validation	48
Figure 17	– Typical quasi free-space test site reference SA measurement set-up.....	50
Figure 18	– Theoretical free-space NSA as a function of frequency for different measurement distances [see Equation (16)]	52
Figure 19	– Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view)	54
Figure 20	– Antenna position above the set-up table (side view)	54
Figure 21	– Transmit antenna E-plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only)	58
Figure 22	– Transmit antenna H-plane radiation pattern (this example is for informative purposes only)	59

Figure 23 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 7.5.2 for description)	60
Figure 24 – S_{VSWR} positions (height requirements)	62
Figure 25 – S_{VSWR} conditional measurement position requirements	68
Figure 26 – Definition of the reference planes inside the test jig	70
Figure 27 – The four configurations for the TRL calibration	72
Figure 28 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to the provisions of 8.1 to 8.3	73
Figure 29 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig	74
Figure 30 – Example of a matching adaptor with balun or transformer	74
Figure 31 – Example of a matching adaptor with resistive matching network	75
Figure 32 – Example of a typical paddle stirrer	76
Figure 33 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 16	77
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	82
Figure C.1 – The LLAS, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	88
Figure C.2 – An LLA containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	89
Figure C.3 – Construction of an LLA slit	89
Figure C.4 – Example of an LLA slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	90
Figure C.5 – Construction of the metal box containing the current probe	90
Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to minimize capacitive coupling from the leads to the LLAS	91
Figure C.7 – The eight positions of the LLAS verification dipole during validation of an LLA ...	92
Figure C.8 – Validation factor for an LLA of 2 m diameter	92
Figure C.9 – Construction of the LLAS verification dipole antenna	93
Figure C.10 – Conversion factors C_{dA} [for conversion into dB(μ A/m)] and C_{dV} [for conversion into dB(μ V/m)] for two standard measuring distances d	95
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	95
Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	97
Table 1 – Site validation methods applicable for OATS, OATS-based, SAC, and FAR site types	29
Table 2 – Theoretical normalized site attenuation, A_N – recommended geometries for broadband antennas	32
Table 3 – Example template for A_{APR} data sets	35
Table 4 – RSM frequency steps	35
Table 5 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	44
Table 6 – Frequency ranges and step sizes for FAR site validation	48
Table 7 – S_{VSWR} measurement position designations	63
Table 8 – S_{VSWR} reporting requirements	68
Table D.1 – Maximum roughness for 3 m, 10 m and 30 m measurement distances	97
Table F.1 – Error budget	101

Table G.1 – Antenna pair reference site attenuation calibration using the large-OATS averaging technique	103
Table G.2 – Antenna pair reference site attenuation calibration using REFTS	104
Table G.3 – COMTS validation using an antenna pair reference site attenuation	105

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

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

FOREWORD

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

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010, Amendment 1:2012 and Amendment 2:2017. This edition constitutes a technical revision.

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

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

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

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

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
CIS/A/1262/FDIS	CIS/A/1275/RVD

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

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

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

The committee has decided that the contents of 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.

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

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

1 Scope

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

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16-1-4 is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to cooperate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

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

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

2 Normative references

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

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

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

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

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

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

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	114
1 Domaine d'application	116
2 Références normatives	116
3 Termes, définitions et termes abrégés.....	117
3.1 Termes et définitions.....	117
3.2 Termes abrégés.....	122
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	123
4.1 Généralités	123
4.2 Paramètre physique (mesurande) pour les mesures des perturbations rayonnées	123
4.3 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 150 kHz	124
4.3.1 Généralités	124
4.3.2 Antenne à champ magnétique	124
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	124
4.4 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz	124
4.4.1 Antenne à champ électrique	124
4.4.2 Antenne à champ magnétique	125
4.4.3 Symétrisation et discrimination du champ électrique des antennes.....	125
4.5 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz	125
4.5.1 Généralités	125
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en cas de non-conformité présumée des limites d'intensité du champ électrique.....	125
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	125
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	128
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	129
4.6 Antennes pour la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz	131
4.6.1 Généralités	131
4.6.2 Antenne de réception	131
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes de grand diamètre.....	134
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz.....	134
6 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	134
6.1 Généralités	134
6.2 OATS.....	134
6.2.1 Généralités	134
6.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries.....	135
6.2.3 Zone sans obstacle	135
6.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	137
6.2.5 Plan de sol.....	138
6.3 Aptitude des autres emplacements d'essai	138
6.3.1 Autres emplacements d'essai à plan de sol	138
6.3.2 Emplacements d'essai sans plan de sol (FAR).....	138
6.4 Validation des emplacements d'essai	139
6.4.1 Généralités	139
6.4.2 Vue d'ensemble des validations d'un emplacement d'essai	140
6.5 Paramètres de base de la méthode du NSA pour OATS et SAC.....	140

6.5.1	Equation générale et tableau des valeurs de NSA théoriques.....	140
6.5.2	Etalonnage de l'antenne	144
6.6	Méthode de site de référence pour OATS et SAC	144
6.6.1	Généralités	144
6.6.2	Antennes non admises pour les mesures par RSM	145
6.6.3	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes sur un REFTS	146
6.6.4	Détermination de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'une technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions	146
6.7	Validation d'un OATS par la méthode du NSA.....	150
6.7.1	Méthode de la fréquence discrète.....	150
6.7.2	Méthode par balayage de fréquence.....	151
6.8	Validation d'un OATS protégé contre les intempéries par une enceinte ou d'une SAC.....	151
6.9	Causes possibles de dépassement des limites d'acceptabilité de site	156
6.10	Validation de l'emplacement pour les FAR.....	157
6.10.1	Généralités	157
6.10.2	RSM pour les sites FAR	162
6.10.3	Méthode du NSA pour les sites FAR.....	164
6.10.4	Critère de validation de l'emplacement pour les sites FAR	166
6.11	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne.....	167
6.11.1	Généralités	167
6.11.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai.....	167
7	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.....	169
7.1	Généralités	169
7.2	Emplacement d'essai de référence	169
7.3	Validation des emplacements d'essai	169
7.3.1	Généralités	169
7.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	171
7.4	Exigences relatives à l'antenne pour la procédure d'essai normalisée avec le S_{VSWR}	171
7.4.1	Généralités	171
7.4.2	Antenne d'émission	172
7.4.3	Antennes et équipement d'essai pour la procédure d'essai inverse avec le S_{VSWR}	175
7.5	Positions exigées pour l'essai de validation de l'emplacement.....	175
7.5.1	Généralités	175
7.5.2	Description des positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (Figure 23).....	176
7.5.3	Description des positions supplémentaires de mesure de S_{VSWR} (Figure 24).....	177
7.5.4	Récapitulatif des positions de mesure de S_{VSWR}	178
7.6	Validation de l'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai normalisée.....	181
7.7	Validation d'emplacement de S_{VSWR} – procédure d'essai inverse utilisant une sonde de champ isotrope.....	182
7.8	Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	184
7.9	Rapport d'essai de validation d'emplacement S_{VSWR}	185
7.10	Limites de la méthode de validation d'emplacement de S_{VSWR}	185
7.11	Autres emplacements d'essai	185

8	Dispositifs d'absorption en mode commun.....	186
8.1	Généralités	186
8.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	186
8.3	Montage d'essai de CMAD	186
8.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL.....	187
8.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	189
8.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite	190
9	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée	193
9.1	Généralités	193
9.2	Chambre.....	193
9.2.1	Dimensions et forme de la chambre	193
9.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage.....	193
9.2.3	Agitateurs	193
9.2.4	Essai de rendement des agitateurs.....	194
9.2.5	Affaiblissement de couplage.....	195
10	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées.....	196
	Annexe A (normative) Paramètres des antennes	197
A.1	Généralités	197
A.2	Antennes préférentielles.....	197
A.2.1	Généralités	197
A.2.2	Antenne calculable.....	197
A.2.3	Antennes à faible incertitude	198
A.3	Antennes doublets simples.....	198
A.3.1	Généralités	198
A.3.2	Doublet accordé.....	199
A.3.3	Doublet raccourci.....	199
A.4	Paramètres des antennes à large bande.....	201
A.4.1	Généralités	201
A.4.2	Type d'antenne	201
A.4.3	Spécification de l'antenne.....	202
A.4.4	Etalonnage de l'antenne	202
A.4.5	Informations pour les utilisateurs de l'antenne	202
	Annexe B (xxx) (Vide)	204
	Annexe C (normative) Système d'antennes de grand diamètre pour les mesures du courant induit par un champ magnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	205
C.1	Généralités	205
C.2	Construction d'un LLAS.....	205
C.3	Construction d'une antenne de grand diamètre (LLA).....	205
C.4	Validation d'une LLA.....	210
C.5	Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS	211
C.6	Facteurs de conversion	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 6)	216
D.1	Généralités	216
D.2	Construction du plan de sol	216
D.2.1	Matériau.....	216
D.2.2	Rugosité	216

D.3	Servitudes de l'EUT.....	217
D.4	Construction de l'enceinte de protection contre les intempéries.....	217
D.4.1	Matériaux et attaches.....	217
D.4.1	Montages internes.....	218
D.4.2	Taille.....	218
D.4.3	Stabilité dans le temps et aux conditions climatiques.....	218
D.5	Table tournante et table d'essai.....	218
D.6	Installation du mât de l'antenne de réception.....	219
Annexe E (xxx) (Vide).....		220
Annexe F (informative) Fondement du critère des ± 4 dB pour l'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 6).....		221
F.1	Généralités.....	221
F.2	Analyse des erreurs.....	221
Annexe G (informative) Exemples de bilans d'incertitude pour la validation d'emplacement d'un COMTS à l'aide de la RSM avec une paire d'antennes étalonnées (voir 6.6).....		223
G.1	Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage.....	223
G.2	Grandeurs à étudier pour l'étalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide d'un REFTS.....	224
G.3	Grandeurs à étudier pour la validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes.....	225
Bibliographie.....		226
Figure 1 – Représentation schématique du rayonnement de l'EUT atteignant une antenne LPDA directement et via des réflexions sur le sol à un emplacement de 3 m, présentant la moitié de l'angle d'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi.....		127
Figure 2 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne RX dans la zone limite grisée pour une distance de 3 m et un EUT d'une largeur de 2 m.....		132
Figure 3 – Détermination de la largeur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance.....		133
Figure 4 – Détermination de la hauteur maximale exploitable de l'EUT dans le cadre de l'utilisation de l'ouverture de faisceau à mi-puissance.....		133
Figure 5 – Zone sans obstacle d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante (voir 6.2.3).....		136
Figure 6 – Zone sans obstacle avec EUT fixe (voir 6.2.3).....		137
Figure 7 – Position des points d'essai pour un essai à des distances de 3 m et de 10 m.....		146
Figure 8 – Position des points d'essai appariés pour toutes les distances d'essai.....		148
Figure 9 – Exemple de choix de points d'essai appariés pour un essai à une distance de 10 m.....		149
Figure 10 – Représentation d'une étude de l'influence du mât d'antenne sur A_{APR}		149
Figure 11 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale.....		153
Figure 12 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale.....		154
Figure 13 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation verticale pour un EUT de faibles dimensions.....		155
Figure 14 – Positions types des antennes pour un OATS protégé contre les intempéries ou une SAC – mesures de validation en polarisation horizontale pour un EUT de faibles dimensions.....		156

Figure 15 – Positions de mesure pour la validation d'emplacement d'une FAR	159
Figure 16 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	161
Figure 17 – Montage de mesure du SA de référence type pour un emplacement d'essai en quasi espace libre	164
Figure 18 – NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure [voir Equation (16)].....	166
Figure 19 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus)	169
Figure 20 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté)	169
Figure 21 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan E d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement)	173
Figure 22 – Diagramme de rayonnement dans le plan H d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement)	174
Figure 23 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 7.5.2)	176
Figure 24 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur).....	178
Figure 25 – Exigences concernant la position conditionnelle des mesures de S_{VSWR}	184
Figure 26 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai	187
Figure 27 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL.....	189
Figure 28 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 8.1 à 8.3.....	190
Figure 29 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage.....	191
Figure 30 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur	192
Figure 31 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif.....	192
Figure 32 – Exemple d'agitateur à aubes type.....	194
Figure 33 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 16.....	195
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	200
Figure C.1 – LLAS constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires.....	207
Figure C.2 – LLA comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant.....	208
Figure C.3 – Construction de la fente de LLA.....	208
Figure C.4 – Exemple de construction de fente de LLA utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide	209
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant.....	209
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'EUT afin de réduire le plus possible le couplage capacitif entre les conducteurs et le LLAS	210
Figure C.7 – Les huit positions du doublet de vérification du LLAS durant la validation d'une LLA.....	211
Figure C.8 – Facteur de validation d'une LLA de 2 m de diamètre	211
Figure C.9 – Construction de l'antenne doublet de vérification du LLAS	212
Figure C.10 – Facteurs de conversion C_{dA} [pour la conversion en dB(μ A/m)] et C_{dV} [pour la conversion en dB(μ V/m)] pour deux distances de mesure normales d	214
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	215
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol	217

Tableau 1 – Méthodes de validation d'emplacement applicables pour les emplacements de type OATS, à base d'OATS, SAC et FAR	139
Tableau 2 – Affaiblissement normalisé théorique de l'emplacement, A_N – Géométries recommandées pour les antennes à large bande	142
Tableau 3 – Exemple de modèle pour les ensembles de données A_{APR}	145
Tableau 4 – Pas de fréquence de la RSM	145
Tableau 5 – Dimensions maximales du volume d'essai en fonction de la distance d'essai	157
Tableau 6 – Gammes de fréquences et pas pour la validation d'emplacement d'une FAR.....	162
Tableau 7 – Désignations des positions de mesure de S_{VSWR}	179
Tableau 8 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR}	185
Tableau D.1 – Rugosité maximale pour des distances de mesure de 3 m, 10 m et 30 m	217
Tableau F.1 – Bilan d'erreur	221
Tableau G.1 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide de la technique de moyennage sur un OATS de grandes dimensions	223
Tableau G.2 – Etalonnage de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes à l'aide du REFTS	224
Tableau G.3 – Validation du COMTS à l'aide de l'affaiblissement de site de référence avec une paire d'antennes.....	225

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

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

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

AVANT-PROPOS

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

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2010, l'Amendement 1:2012 et l'Amendement 2:2017. Cette édition constitue une révision technique.

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

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

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

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

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
CIS/A/1262/FDIS	CIS/A/1275/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

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

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

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

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

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

1 Domaine d'application

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

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

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

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

2 Références normatives

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

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

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

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

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

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

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

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