

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 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

PRICE CODE
CODE PRIX

XD

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-88910-011-8

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms, definitions and abbreviations	9
3.1 Terms and definitions	9
3.2 Abbreviations.....	12
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	12
4.1 General.....	12
4.2 Physical parameter for radiated emission measurements	12
4.3 Frequency range 9 kHz to 150 kHz	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Magnetic antenna	13
4.3.3 Shielding of loop antenna.....	13
4.4 Frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	13
4.4.1 Electric antenna.....	13
4.4.2 Magnetic antenna	14
4.4.3 Balance/cross-polar performance of antennas.....	14
4.5 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	14
4.5.1 General	14
4.5.2 Low-uncertainty antenna for use if there is an alleged non-compliance to the <i>E</i> -field limit.....	14
4.5.3 Antenna characteristics.....	14
4.5.4 Balance of antenna	16
4.5.5 Cross-polar response of antenna	18
4.6 Frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	18
4.7 Special antenna arrangements – Loop antenna system	19
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz.....	19
5.1 General.....	19
5.2 OATS	19
5.2.1 General	19
5.2.2 Weather protection enclosure	20
5.2.3 Obstruction-free area.....	20
5.2.4 Ambient radio frequency environment of a test site.....	21
5.2.5 Ground plane.....	22
5.2.6 OATS validation procedure	22
5.3 Test site suitability for other ground-plane test sites	26
5.3.1 General	26
5.3.2 Normalized site attenuation for alternative test sites	26
5.3.3 Site attenuation.....	30
5.3.4 Conducting ground plane	30
5.4 Test site suitability without ground plane	31
5.4.1 Measurement considerations for free space test sites, as realized by fully-absorber-lined shielded enclosures.....	31
5.4.2 Site performance	32
5.4.3 Site validation criteria.....	40
5.5 Evaluation of set-up table and antenna tower	40

5.5.1	General	40
5.5.2	Evaluation procedure for set-up table influences	40
6	Reverberating chamber for total radiated power measurement	42
6.1	General	42
6.2	Chamber	42
6.2.1	Chamber size and shape.....	42
6.2.2	Door, openings in walls, and mounting brackets	42
6.2.3	Stirrers	43
6.2.4	Test for the efficiency of the stirrers	43
6.2.5	Coupling attenuation	44
7	TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement.....	45
8	Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	45
8.1	General	45
8.2	Reference test site	45
8.3	Validation of the test site.....	45
8.3.1	General	45
8.3.2	Acceptance criterion for site validation	46
8.3.3	Site validation procedures – evaluation of S_{VSWR}	47
8.4	Alternative test sites	59
9	Common mode absorption devices.....	59
9.1	General	59
9.2	CMAD S -parameter measurements	59
9.3	CMAD test jig	59
9.4	Measurement method using the TRL calibration	61
9.5	Specification of ferrite clamp-type CMAD	63
9.6	CMAD performance (degradation) check using spectrum analyzer and tracking generator	63
Annex A (normative)	Parameters of antennas.....	66
Annex B (normative)	Monopole (1 m rod) antenna performance equations and characterization of the associated antenna matching network	73
Annex C (normative)	Loop antenna system for magnetic field induced-current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz.....	78
Annex D (normative)	Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (see Clause 5).....	87
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).....	91
Annex F (informative)	Basis for 4 dB site acceptability criterion (see Clause 5)	99
Bibliography		101

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..... 15

Figure 2 – Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 5.2.3)..... 21

Figure 3 – Obstruction-free area with stationary EUT (see 5.2.3)

Figure 4 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in horizontal polarization (see 5.2.6 and Annex E)

Figure 5 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in vertical polarization using tuned dipoles (see 5.2.6 and Annex E)..... 24

Figure 6 – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements	28
Figure 7 – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements	28
Figure 8 – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements for a smaller EUT	29
Figure 9 – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements for a smaller EUT	29
Figure 10 – Graph of theoretical free-space NSA as a function of the frequency for different measurement distances (see Equation (10))	33
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	39
Figure 14 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view)	42
Figure 15 – Antenna position above the set-up table (side view)	42
Figure 16 – Example of a typical paddle stirrer	43
Figure 17 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer shown in Figure 16	44
Figure 18 – Transmit antenna <i>E</i> -plane radiation pattern example (this example is for informative purposes only)	48
Figure 19 – Transmit antenna <i>H</i> -plane radiation pattern (this example is for informative purposes only)	49
Figure 20 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane (see 8.3.3.2.2 for description)	50
Figure 21 – S_{VSWR} positions (height requirements)	52
Figure 22 – Conditional test position requirements	58
Figure 23 – Definition of the reference planes inside the test jig	60
Figure 24 – The four configurations for the TRL calibration	62
Figure 25 – Limits for the magnitude of S_{11} , measured according to provisions of 9.1 to 9.3	63
Figure 26 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig	64
Figure 27 – Example of a matching adaptor with balun or transformer	65
Figure 28 – Example of a matching adaptor with resistive matching network	65
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$	69
Figure B.1 – Method using network analyzer	75
Figure B.2 – Method using measuring receiver and signal generator	76
Figure B.3 – Example of capacitor mounting in dummy antenna	76
Figure C.1 – The loop-antenna system, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas	79
Figure C.2 – A large-loop antenna containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C	80
Figure C.3 – Construction of the antenna slit	81
Figure C.4 – Example of antenna-slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction	81
Figure C.5 – Construction for the metal box containing the current probe	82
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	82

Figure C.7 – The eight positions of the balun-dipole during validation of the large-loop antenna	83
Figure C.8 – Validation factor for a large loop-antenna of 2 m diameter	83
Figure C.9 – Construction of the balun-dipole	84
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 standardized measuring distances d	85
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	85
Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane	88
Table 1 – Normalized site attenuation (recommended geometries for tuned half-wave dipoles with horizontal polarization)	30
Table 2 – Normalized site attenuation* (recommended geometries for broadband antennas).....	31
Table 3 – Maximum dimensions of test volume versus test distance	34
Table 4 – Frequency ranges and step sizes	36
Table 5 – S_{VSWR} test position designations.....	53
Table 6 – S_{VSWR} reporting requirements.....	58
Table E.1 – Normalized site attenuation ^a – Recommended geometries for broadband antennas.....	95
Table E.2 – Normalized site attenuation – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, horizontal polarization.....	96
Table E.3 – Normalized site attenuation – Recommended geometries for tuned half-wave dipoles – vertical polarization.....	97
Table E.4 – Mutual coupling correction factors for geometry using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart	98
Table F.1 – Error budget	99

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.

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

This third edition of CISPR 16-1-4 cancels and replaces the second edition published in 2007 and its Amendments 1 (2007) and 2 (2008). It is a technical revision.

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*.

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

FDIS	Report on voting
CISPR/A/885/FDIS	CISPR/A/891/RVD

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

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 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 16-2-3, *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	108
1 Domaine d'application	110
2 Références normatives	110
3 Termes, définitions et abréviations	111
3.1 Termes et définitions	111
3.2 Abréviations	114
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	114
4.1 Généralités	114
4.2 Paramètre physique pour les mesures des émissions rayonnées	115
4.3 Gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz	115
4.3.1 Généralités	115
4.3.2 Antenne magnétique	115
4.3.3 Blindage de l'antenne cadre	116
4.4 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz	116
4.4.1 Antenne électrique	116
4.4.2 Antenne magnétique	116
4.4.3 Performance d'équilibrage et de polarisation croisée des antennes	116
4.5 Gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	116
4.5.1 Généralités	116
4.5.2 Antenne à faible incertitude pour utilisation en l'absence de non-conformité présumée du champ E	117
4.5.3 Caractéristiques d'antenne	117
4.5.4 Symétrisation de l'antenne	119
4.5.5 Réponse de polarisation croisée de l'antenne	120
4.6 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	121
4.7 Montages d'antennes particuliers – Système d'antennes cadres	122
5 Emplacements d'essai pour la mesure du champ radioélectrique perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	122
5.1 Généralités	122
5.2 OATS (emplacement d'essai en zone dégagée)	123
5.2.1 Généralités	123
5.2.2 Enceinte de protection contre les intempéries	123
5.2.3 Zone sans obstacle	123
5.2.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	125
5.2.5 Plan de sol	125
5.2.6 Procédure de validation d'OATS	125
5.3 Aptitude des emplacements d'essai pour les autres emplacements d'essai à plan de sol	130
5.3.1 Généralités	130
5.3.2 Affaiblissement normalisé d'emplacement pour les autres emplacements d'essai	131
5.3.3 Affaiblissement de l'emplacement	134
5.3.4 Plan de sol conducteur	134
5.4 Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol	135
5.4.1 Aspects de mesure pour les emplacements d'essai en espace libre constitués par des enceintes blindées entièrement tapissées d'absorbants	135
5.4.2 Performances d'emplacement	136

5.4.3	Critères de validation d'emplacement	144
5.5	Évaluation de la table d'essai et du pylône d'antenne	144
5.5.1	Généralités	144
5.5.2	Procédure d'évaluation de l'influence de la table d'essai	145
6	Chambre de réverbération pour la mesure de la puissance totale rayonnée	147
6.1	Généralités	147
6.2	Chambre	147
6.2.1	Dimensions et forme de la chambre	147
6.2.2	Porte, ouvertures dans les parois et équerres de montage	147
6.2.3	Agitateurs	147
6.2.4	Essai de rendement des agitateurs	148
6.2.5	Affaiblissement de couplage	149
7	Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées	149
8	Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	150
8.1	Généralités	150
8.2	Emplacement d'essai de référence	150
8.3	Validation de l'emplacement d'essai	150
8.3.1	Généralités	150
8.3.2	Critère d'acceptation pour la validation de l'emplacement	151
8.3.3	Procédures de validation de l'emplacement – évaluation de S_{VSWR}	152
8.4	Autres emplacements d'essai	164
9	Dispositifs d'absorption en mode commun	164
9.1	Généralités	164
9.2	Mesures des paramètres S d'un CMAD	165
9.3	Montage d'essai de CMAD	165
9.4	Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	166
9.5	Spécification d'un CMAD du type à pince en ferrite	168
9.6	Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre et un générateur de poursuite	169
Annexe A (normative)	Paramètres des antennes	172
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	179
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	184
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)	193
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)	197
Annexe F (informative)	Base du critère de 4 dB d'acceptabilité d'un emplacement (voir Article 5)	205
Bibliographie		207

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

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

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

Figure 4 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation horizontale de l'affaiblissement de l'emplacement (voir 5.2.6 et Annexe E)	127
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)	128
Figure 6 – Positions types d'antenne pour les mesures de NSA en polarisation verticale d'autres emplacements d'essai.....	132
Figure 7 – Positions types d'antenne pour les mesures de NSA en polarisation horizontale d'autres emplacements d'essai.....	132
Figure 8 – Positions types d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure de NSA en polarisation verticale pour un petit EUT.....	133
Figure 9 – Positions types d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure de NSA en polarisation horizontale pour un petit EUT.....	133
Figure 10 – Graphique du NSA théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure (voir Équation (10))	137
Figure 11 – Positions de mesure pour la procédure de validation de l'emplacement	139
Figure 12 – Exemple de position de mesure et d'inclinaison d'antenne pour la procédure de validation de l'emplacement.....	140
Figure 13 – Montage de mesure de l'affaiblissement d'emplacement de référence type en espace libre	143
Figure 14 – Position de l'antenne par rapport au bord au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus)	146
Figure 15 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté).....	146
Figure 16 – Exemple d'agitateur à aubes type.....	148
Figure 17 – Gamme d'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 16.....	149
Figure 18 – Exemple de diagramme de rayonnement dans le plan <i>E</i> d'une antenne d'émission (à titre informatif uniquement)	153
Figure 19 – Diagramme de rayonnement dans le plan <i>H</i> d'une antenne d'émission (exemple donné à titre informatif uniquement)	154
Figure 20 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal (voir description en 8.3.3.2.2)	155
Figure 21 – Positions de S_{VSWR} (exigences de hauteur)	157
Figure 22 – Exigences relatives aux positions d'essai conditionnelles	163
Figure 23 – Définition des plans de référence à l'intérieur du montage d'essai	166
Figure 24 – Les quatre configurations pour l'étalonnage TRL.....	168
Figure 25 – Limites pour l'amplitude de S_{11} , mesurée selon les dispositions de 9.1 à 9.3	169
Figure 26 – Exemple de conception d'adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage.....	170
Figure 27 – Exemple d'adaptateur avec symétriseur ou transformateur.....	171
Figure 28 – Exemple d'adaptateur avec réseau d'adaptation résistif.....	171
Figure A.1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$	175
Figure B.1 – Méthode utilisant un analyseur de réseau	181
Figure B.2 – Méthode utilisant un récepteur de mesure et un générateur de signal.....	182
Figure B.3 – Exemple de montage du condensateur dans une antenne fictive	182
Figure C.1 – Système d'antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre mutuellement perpendiculaires	185
Figure C.2 – Antenne de grand diamètre, comportant deux fentes opposées, positionnées symétriquement par rapport à la sonde de courant	186

Figure C.3 – Construction de la fente de l'antenne	187
Figure C.4 – Exemple de construction de fente d'antenne utilisant une bande de circuit imprimé pour obtenir une construction rigide	187
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant.....	188
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	188
Figure C.7 – Les huit positions du doublet symétrique/dissymétrique durant la validation de l'antenne cadre de grand diamètre	189
Figure C.8 – Facteur de validation d'une grande antenne cadre de 2 m de diamètre	189
Figure C.9 – Construction du doublet symétrique/dissymétrique.....	190
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	191
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	191
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol	194
 Tableau 1 – Affaiblissement normalisé d'emplacement (géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation horizontale).....	134
Tableau 2 – Affaiblissement normalisé d'emplacement* (géométries recommandées pour les antennes à large bande)	135
Tableau 3 – Dimensions maximales du volume d'essai en fonction de la distance d'essai	138
Tableau 4 – Gammes de fréquences et tailles de pas	141
Tableau 5 – Désignations des positions d'essai de S_{VSWR}	158
Tableau 6 – Exigences concernant les rapports de S_{VSWR}	164
Tableau E.1 – Affaiblissement normalisé d'emplacement ^a – Géométries recommandées pour les antennes à large bande	201
Tableau E.2 – Affaiblissement normalisé d'emplacement – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation horizontale	202
Tableau E.3 – Affaiblissement normalisé d'emplacement – Géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation verticale.....	203
Tableau E.4 – Facteurs de correction de couplage mutuel pour la géométrie utilisant des doublets résonnants accordables séparés de 3 m	204
Tableau F.1 – Bilan d'erreur	205

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

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

Cette troisième édition de la CISPR 16-1-4 annule et remplace la deuxième édition publiée en 2007 et ses Amendements 1 (2007) et 2 (2008). Elle en constitue une révision technique.

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 CEI, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
CISPR/A/885/FDIS	CISPR/A/891/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, 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 CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI 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 la CEI, la CISPR 16-1-4 est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de la CEI. 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 16-2-3, *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*

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

CEI 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*