



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 – Ancillary equipment – Radiated disturbances

**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 – Matériels auxiliaires –
Perturbations rayonnées**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CN

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION (to amendment 1).....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	12
4.1 Physical parameter for radiated emissions measurements	12
4.2 Frequency range 9 kHz to 150 kHz	12
4.3 Frequency range 150 kHz to 30 MHz.....	13
4.4 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.....	13
4.5 Frequency range 1 GHz to 18 GHz.....	18
4.6 Special antenna arrangements.....	18
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz.....	19
5.1 Open area test site	19
5.2 Weather protection enclosure	19
5.3 Obstruction-free area.....	19
5.4 Ambient radio frequency environment of a test site	20
5.5 Ground plane.....	22
5.6 Open area site validation procedure.....	22
5.7 Test site suitability with ground-plane.....	26
5.8 Test site suitability without ground-plane	31
5.9 Evaluation of set-up table and antenna tower	40
6 Reverberating chamber for total radiated power measurement	42
6.1 Chamber	42
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 Reference test site	45
8.2 Validation of the test site.....	45
8.3 Alternative test site	59
9 Common mode absorption devices.....	59
9.1 General	59
9.2 CMAD S-parameter measurements.....	60
9.3 CMAD test jig	60
9.4 Measurement method using the TRL calibration.....	60
9.5 CMAD performance (degradation) check using spectrum analyser (SA) and tracking generator (TG).....	62
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 (informative) Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (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 (Clause 5)	91
Annex F (informative) Basis for 4 dB site acceptability criterion (Clause 5)	99
 Bibliography	 101
Figure 20 – 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.....	14
Figure 2 – Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 5.3).....	21
Figure 3 – Obstruction-free area with stationary EUT (see 5.3)	21
Figure 4 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in horizontal polarization (see 5.6 and Annex E)	23
Figure 5 – Configuration of equipment for measuring site attenuation in vertical polarization using tuned dipoles (see 5.6 and Annex E)	23
Figure 6a – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements	28
Figure 6b – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements	28
Figure 6c – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width, 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections	29
Figure 6d – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width and 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections	29
Figure 6 – Typical antenna positions for alternative test sites.....	29
Figure 7 – Graph of theoretical free-space NSA as a function of the frequency for different measurement distances (see Equation 4)	32
Figure 8 – Measurement positions for the site validation procedure.....	35
Figure 9 – Example of one measurement position and antenna tilt for the site validation procedure	36
Figure 10 – Typical free-space site reference measurement set-up.....	39
Figure 11 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view).....	42
Figure 12 – Antenna position above the set-up table (side view)	42
Figure 13 – Example of a typical paddle stirrer	43
Figure 14 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer in Figure 13.....	44
Figure 15 – Transmit antenna E-Plane radiation pattern example (for informative purposes only)	48
Figure 16 – Transmit antenna H-plane radiation pattern (for informative purposes only)	49
Figure 17 – S_{VSWR} measurement positions in a horizontal plane – see 8.2.2.2.1 for description	50
Figure 18 – S_{VSWR} positions (height requirements).....	52
Figure 19 – Conditional test position requirements.....	58

Figure 21 – Definition of the reference planes inside the test jig.....	63
Figure 22 – Example of a 50 Ω adaptor construction in the vertical flange of the jig.....	63
Figure 23 – Example of a matching adaptor with balun or transformer.....	64
Figure 24 – Example of a matching adaptor with resistive matching network	64
Figure 25 – The four configurations for the TRL calibration	65
Figure A.1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$ (refer to A.3.2.d), Note)	69
Figure B.1 – Method using network analyser.....	75
Figure B.2 – Method using radio-noise meter and signal generator	75
Figure B.3 – Example of mounting capacitor 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 ($\mu A/m$)) and C_{dV} (for conversion into dB ($\mu V/m$)) 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	37
Table 5 – S_{VSWR} test positions	53
Table 6 – S_{VSWR} reporting requirements.....	59
Table E.1 – Normalized site attenuation* (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 –
Ancillary equipment – Radiated disturbances**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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.

The document CISPR/A/710/FDIS, circulated to the National Committees as amendment 3, led to the publication of the new edition.

This consolidated version of CISPR 16-1-4 consists of the second edition (2007) [documents CISPR/A/710/FDIS and CISPR/A/722/RVD] and its amendment 1 (2007) [documents CISPR/A/750/FDIS and CISPR/A/760/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

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.

CISPR 16-1 consists of the following parts, under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Radio disturbance and immunity measuring apparatus*:

Part 1-1: Measuring apparatus

Part 1-2: Ancillary equipment – Conducted disturbances

Part 1-3: Ancillary equipment – Disturbance power

Part 1-4: Ancillary equipment – Radiated disturbances

Part 1-5: Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result 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.

INTRODUCTION

(to amendment 1)

In this amendment, the use of a balanced dipole antenna (the CISPR tuned dipole) as a physical reference for radiated emission measurements in the frequency range between 30 MHz and 300 MHz is deleted. It is replaced by the requirement that in this frequency range the quantity to be measured is the electric field strength that can be determined using different types of antennas, provided that the antenna factor and the associated uncertainty are known.

This fundamental change of measurand in the frequency range between 30 MHz and 300 MHz was subject to thorough investigations and discussion within CISPR A, and brings it into line with the measurand that already applies in the rest of the frequency range 9 kHz to 1 GHz, and indeed above 1 GHz. The decision for this change has been supported by the results of a questionnaire. More details on the rationale for the decision to introduce the 'electric field' measurand instead of the CISPR reference dipoles can be found in the CISPR Maintenance Cycle Report CISPR/A/541/MCR.

CISPR/A/541/MCR explains that the need for a CISPR reference dipole no longer exists, due to improvements in the calibration of antennas used for EMC compliance testing and the increased implementation of quality systems in test and calibration laboratories in accordance with ISO 17025. Moreover, Clause 4 of CISPR 16-1-4 covers the frequency range 9 kHz to 1 GHz, yet a reference antenna is only specified in the range 30 MHz to 300 MHz, which seems to make this frequency range an exception to the general rule.

In other words, most measurements of physical quantities are made with an instrument that is traceable to national standards. There is no need for measurement of electric field strength in the frequency range 30 MHz to 300 MHz to deviate from this, especially when application of such a physical reference antenna may give a greater uncertainty to the intended measurand than a regular calibrated broadband antenna. Moreover, these days, the CISPR reference dipole is rarely used in practice because it is impractical from an operational point of view (time consuming). The new measurand is the field strength as defined by the limit level in dB μ V/m and as required by the method of measurement. If various operators follow the same measurement method, involving calibrated antennas, a high degree of reproducibility is ensured.

A consequence of using the tuned dipole antenna as a reference is that the antenna uncertainties in CISPR 16-4-2 require the field strength measured by a broadband antenna to be referred to the field strength that would have been measured had a tuned dipole been used. The ramifications would be dependent on the difference in radiation patterns and mutual coupling of a dipole compared to a broadband antenna (including height dependence of antenna factor). This practice can actually result in larger EMC measurement uncertainties than if the field strength were derived from the traceably calibrated broadband antenna. The relating of the behaviour of the commonly used broadband antenna to the extremely rarely used tuned dipole in the notes to the uncertainty budget in CISPR 16-4-2, requires specialist knowledge to understand.

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances

1 Scope

This part of CISPR 16 is designated a basic standard, which specifies the characteristics and performance of equipment for the measurement of radiated disturbances in the frequency range 9 kHz to 18 GHz.

Specifications for ancillary apparatus are included for: antennas and test sites, TEM cells, and reverberating chambers.

The requirements of this publication must be complied with 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 16-2-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

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

CISPR 16-4 (all parts), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Uncertainties, statistics and limit modelling*

CISPR 16-4-2:2003, *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*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	106
INTRODUCTION (à l'amendement 1)	108
1 Domaine d'application	109
2 Références normatives	109
3 Termes et définitions	110
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	113
4.1 Paramètres physiques pour les mesures des émissions rayonnées	113
4.2 Gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz	113
4.3 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz	114
4.4 Bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	114
4.5 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	119
4.6 Montages utilisant les antennes particulières	119
5 Emplacements d'essai pour les mesures du champ perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	120
5.1 Emplacement d'essai en espace libre	120
5.2 Enceinte de protection contre les intempéries	120
5.3 Zone libre d'obstacles	120
5.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai	121
5.5 Plan de sol	123
5.6 Procédure de validation des emplacements en espace libre	123
5.7 Aptitude des emplacements d'essai avec plan de sol	127
5.8 Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol	132
5.9 Evaluation de la table d'essai et du mât d'antenne	141
6 Chambre réverbérante pour la mesure de la puissance totale rayonnée	143
6.1 Chambre	143
7 Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées	146
8 Emplacements d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	146
8.1 Emplacement d'essai de référence	146
8.2 Validation de l'emplacement d'essai	146
8.3 Autres emplacements d'essai possibles	160
9 Dispositifs d'absorption de mode commun	160
9.1 Généralités	160
9.2 Mesures de paramètre-S de CMAD	161
9.3 Montage d'essai CMAD	161
9.4 Méthode de mesure utilisant l'étalonnage TRL	161
9.5 Vérification de la performance (dégradation) des CMAD en utilisant un analyseur de spectre (<i>spectrum analyser</i> – SA) et un générateur de poursuite (<i>tracking generator</i> – TG)	163

Annexe A (normative) Paramètres des antennes	167
Annexe B (normative) Equations donnant les caractéristiques du monopole (antenne fouet de 1 m) et caractérisation du réseau d'adaptation associé à l'antenne	174
Annexe C (normative) Système d'antennes cadres pour la mesure des courants induits par des champs magnétiques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	179
Annexe D (informative) Détails de construction des emplacements d'essai en espace libre dans la gamme de fréquences 30 MHz à 1 000 MHz (Article 5)	188
Annexe E (normative) Procédure de validation de l'emplacement d'essai en espace libre pour la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (Article 5)	192
Annexe F (informative) Base pour le critère de 4 dB pour l'acceptabilité de l'emplacement (Article 5)	200
 Bibliographie.....	 202
 Figure 20 – Représentation schématique du rayonnement de l'appareil en essai atteignant une antenne log-périodique à doublet directement et via des réflexions sur le sol sur un site de 3 m, présentant la moitié de l'ouverture de faisceau, φ , au niveau du rayon réfléchi	 115
Figure 2 – Zone libre d'obstacles d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante (voir 5.3)	122
Figure 3 – Zone libre d'obstacles avec appareil en essai fixe (voir 5.3)	122
Figure 4 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation horizontale de l'affaiblissement de l'emplacement (voir 5.6 et Annexe E)	124
Figure 5 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation verticale de l'affaiblissement de l'emplacement avec des dipôles accordés (voir 5.6 et Annexe E)	124
Figure 6a – Positions typiques d'antenne pour les mesures d'ANE en polarisation verticale des sites d'essai choisis comme alternative	129
Figure 6b – Positions typiques d'antenne pour les mesures d'ANE en polarisation horizontale des sites d'essai choisis comme alternative	129
Figure 6c – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure d'ANE en polarisation verticale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions	130
Figure 6d – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements d'essai – Mesure d'ANE en polarisation horizontale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions	130
Figure 6 – Positions typiques pour d'autres emplacements d'essai	130
Figure 7 – Graphique de l'ANE théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure (voir Equation 4)	133
Figure 8 – Positions de mesure pour la procédure de validation de l'emplacement	136
Figure 9 – Exemple d'une position de mesure et inclinaison d'antenne pour la procédure de validation de l'emplacement	137
Figure 10 – Montage de mesure de la référence type d'emplacement en espace libre.....	140
Figure 11 – Position de l'antenne par rapport au champ au-dessus d'une table d'essai rectangulaire (vue de dessus).....	143
Figure 12 – Position de l'antenne au-dessus de la table d'essai (vue de côté)	143
Figure 13 – Exemple d'agitateur typique à aubes	144
Figure 14 – Gamme de l'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la Figure 13	145

Figure 15 – Exemple de diagramme de rayonnement du plan E d’une antenne d’émission (à titre informatif uniquement).....	149
Figure 16 – Exemple de diagramme de rayonnement du plan H d’une antenne d’émission (à titre informatif uniquement).....	150
Figure 17 – Positions de mesure de S_{VSWR} dans un plan horizontal – voir description en 8.2.2.2.1	151
Figure 18 – Positions de S_{VSWR} (exigences en hauteur)	153
Figure 19 – Exigences relatives aux positions d’essai conditionnelles.....	159
Figure 21 – Définition des plans de référence à l’intérieur du montage d’essai.....	164
Figure 22 – Exemple de conception d’adaptateur 50 Ω dans le flasque vertical du montage	164
Figure 23 – Exemple d’un adaptateur d’impédance avec symétriseur ou transformateur	165
Figure 24 – Exemple d’un adaptateur d’impédance avec réseau résistif.....	165
Figure 25 – Les quatre configurations pour l’étalonnage TRL.....	166
Figure A.1 – Facteurs d’antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$ (voir A.3.2.d) Note)	170
Figure B.1 – Méthode utilisant un analyseur de réseau	176
Figure B.2 – Méthode utilisant un appareil de mesure de bruit RF et un générateur de signal.....	176
Figure B.3 – Exemple du montage du condensateur pour une antenne fictive	177
Figure C.1 – Système d’antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre, occupant des plans mutuellement perpendiculaires	180
Figure C.2 – Une antenne de grand diamètre, comportant deux fentes diamétralement opposées, placées à égale distance de la sonde de courant C.....	181
Figure C.3 – Construction de la fente d’une antenne.....	182
Figure C.4 – Exemple de construction de fente dont la rigidité est assurée par une plaquette de circuit imprimé	182
Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant	183
Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l’appareil en essai afin de s’assurer qu’il n’y a pas de couplage capacitif entre ces câbles et les antennes cadres	183
Figure C.7 – Les huit positions du dipôle symétrique/dissymétrique pendant la validation de l’antenne cadre de grand diamètre	184
Figure C.8 – Facteur de validation d’une antenne cadre de 2 m de diamètre.....	184
Figure C.9 – Construction du dipôle symétrique/dissymétrique	185
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 les deux distances de mesure normalisées d	186
Figure C.11 – Sensibilité S_D d’une antenne cadre de diamètre D par rapport à une antenne cadre de 2 m de diamètre.....	186
Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol.....	189

Tableau 1 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement (géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés avec polarisation horizontale)	131
Tableau 2 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement* (géométries recommandées pour les antennes à large bande).....	132
Tableau 3 – Dimensions maximales du volume d'essai par rapport à la distance d'essai.....	135
Tableau 4 – Gammes de fréquences et tailles de pas	138
Tableau 5 – Positions d'essai de S_{VSWR}	154
Tableau 6 – Exigences sur les rapports de S_{VSWR}	160
Tableau E.1 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement* (Géométries conseillées pour les antennes à large bande).....	196
Tableau E.2 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement (Géométries conseillées pour les doublets demi-onde accordés, à polarisation horizontale).....	197
Tableau E.3 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement (Géométries conseillées pour les doublets demi-onde accordés, à polarisation verticale).....	198
Tableau E.4 – Facteurs de correction de couplage mutuel pour la géométrie utilisant des doublets résonnants accordables séparés de 3 m	199
Tableau F.1 – Bilan d'erreur.....	200

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 –
Matériels auxiliaires – 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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.

Le document CISPR/A/710/FDIS, circulé comme amendement 3 auprès des Comités nationaux de la CEI, a conduit à la publication de la nouvelle édition.

Cette version consolidée de la CISPR 16-1-4 comprend la deuxième édition (2007) [documents CISPR/A/710/FDIS et CISPR/A/722/RVD] et son amendement 1 (2007) [documents CISPR/A/750/FDIS et CISPR/A/760/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

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.

La CISPR 16-1 est constituée des cinq parties suivantes, sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*:

- Partie 1-1: Appareils de mesure,
- Partie 1-2: Matériels auxiliaires – Perturbations conduites,
- Partie 1-3: Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice,
- Partie 1-4: Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées,
- Partie 1-5: Emplacements d'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

INTRODUCTION

(à l'amendement 1)

Dans cet amendement, l'utilisation d'une antenne constituée par un doublet symétrique (doublet accordé du CISPR) comme référence physique pour les mesures des émissions rayonnées dans la gamme de fréquences entre 30 MHz et 300 MHz est supprimée. A la place, il est exigé que dans cette gamme de fréquences, la grandeur à mesurer soit le champ électrique qui peut être déterminé en utilisant différents types d'antennes, sous réserve que le facteur d'antenne et l'incertitude associée soient connus.

Cette modification fondamentale de la grandeur à mesurer dans la gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 300 MHz a fait l'objet de recherches et de discussions approfondies au sein du CISPR A et aligne cette grandeur avec la grandeur à mesurer qui s'applique déjà pour le reste de la gamme de fréquences entre 9 kHz et 1 GHz et en fait au-delà de 1 GHz. La décision de procéder à cette modification est justifiée par les résultats obtenus à un questionnaire. Des informations plus détaillées sur la justification de la décision consistant à introduire la grandeur à mesurer 'champ électrique' à la place des doublets de référence du CISPR sont données dans le rapport du cycle de maintenance du CISPR, CISPR/A/541/MCR.

Le document CISPR/A/541/MCR explique qu'il n'y a plus besoin de doublet de référence CISPR compte tenu des améliorations intervenues dans l'étalonnage des antennes utilisées pour les essais de conformité de CEM et de la mise en œuvre croissante de systèmes qualité dans les laboratoires d'essai et d'étalonnage conformes à l'ISO 17025. En outre, l'Article 4 de la CISPR 16-1-4 couvre la gamme de fréquences entre 9 kHz et 1 GHz et une antenne de référence est spécifiée uniquement pour la gamme de 30 MHz à 300 MHz, ce qui semble faire de cette gamme de fréquences une exception à la règle générale.

En d'autres termes, la plupart des mesures de grandeurs physiques sont réalisées avec un appareil se référant à des normes nationales. Il n'est pas nécessaire que la mesure du champ électrique dans la gamme de fréquences entre 30 MHz et 300 MHz ne suive pas ce même principe, en particulier lorsque l'application d'une telle antenne de référence physique peut générer une incertitude plus importante pour la grandeur à mesurer prévue qu'une antenne à large bande étalonnée en suivant les règles normales. En outre, à l'heure actuelle, le doublet de référence CISPR est rarement utilisé en pratique car il est mal adapté du point de vue opérationnel (trop long à mettre en œuvre). La nouvelle grandeur à mesurer est le champ électrique tel qu'il est défini par le niveau limite en dB μ V/m et comme exigé par la méthode de mesure. Si plusieurs opérateurs suivent la même méthode de mesure, mettant en œuvre des antennes étalonnées, un degré élevé de reproductibilité est assuré.

Une des conséquences de l'utilisation d'une antenne constituée d'un doublet accordé comme référence est que les incertitudes de l'antenne dans le CISPR 16-4-2 exigent que le champ mesuré par une antenne à large bande fasse référence à la valeur qui aurait été mesurée en utilisant un doublet accordé. Les ramifications dépendraient de la différence des diagrammes de rayonnement et du couplage mutuel d'un doublet comparé à une antenne à large bande (y compris la dépendance par rapport à la hauteur du facteur d'antenne). Cette pratique peut réellement donner des incertitudes de mesure CEM plus élevées que dans le cas du champ obtenu avec l'antenne à large bande étalonnée dans le respect de la traçabilité. La relation du comportement de l'antenne à large bande habituellement utilisée avec le doublet accordé très rarement utilisé dans les notes sur le budget d'incertitude de la CISPR 16-4-2 exige une connaissance de spécialiste pour être comprise.

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 – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme fondamentale qui 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 matériels auxiliaires suivants: antenne et emplacement d'essai, cellules TEM et chambre réverbérante.

Il faut que les exigences de cette publication soient satisfaites à toutes les fréquences et à tous niveaux de perturbation radioélectrique 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 16-2-3, *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 16-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

CISPR 16-4 (toutes les parties), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Incertitudes, statistiques et modélisation des limites*

CISPR 16-4-2:2003, *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*