CISPR 16-1-5

Edition 2.1 2016-12

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE

colour inside

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 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz

Spécification 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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-3774-8

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CISPR 16-1-5

Edition 2.1 2016-12

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

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 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz

Spécification 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 16-1-5:2014-12+AMD1:2016-12 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8

1 Scope 10
2 Normative references 10
3 Terms, definitions and abbreviations 10
3.1 Terms and definitions 10
3.1.1 Antenna terms 11
3.1.2 Measurement site terms 13
3.1.3 Other terms 14
3.2 Abbreviations 15
4 Specifications and validation procedures for CALTS and REFTS from 5 MHz to 1 000 MHz 16
4.1 General 16
4.2 Antenna calibration test site (CALTS) specification 16
4.2.1 General 16
4.2.2 Normative specification 17
4.3 Test antenna specification 17
4.3.1 General 17
4.3.2 Details of the required characteristics of the test antenna 18
4.4 Antenna calibration test site validation procedure 20
4.4.1 General 20
4.4.2 Test set-up 20
4.4.3 Test frequencies and receive antenna heights 22
4.4.4 SIL measurements 22
4.4.5 Swept frequency SIL measurements 25
4.4.6 Identifying and reducing reflections from antenna supports 28
4.5 Antenna calibration test site acceptance criteria 28
4.5.1 General 28
4.5.2 Measurement uncertainties 28
4.5.3 Acceptance criteria 29
4.6 Calibration site with a metal ground plane for biconical antennas and tuned dipole antennas over the frequency range 30 MHz to 300 MHz 30
4.7 Validation of a REFTS 31
4.7.1 General 31
4.7.2 Validation for horizontal polarization 31
4.7.3 Validation for vertical polarization 31
4.8 Validation report for CALTS and REFTS 33
4.8.1 General 33
4.8.2 Validation report requirements 33
4.9 Site validation for the calibration of biconical and dipole antennas, and the biconical part of hybrid antennas in vertical polarization 34
4.10 Validation of a CALTS using vertical polarization from 5 MHz to 30 MHz for the calibration of monopole antennas 35
4.10.1 General 35
4.10.2 Uncertainty evaluation 36

5 Validation methods for a FAR from 30 MHz to 18 GHz 36
5.1 General 36
5.2 Validation procedure 1 GHz to 18 GHz 37
5.2.1 Power transfer between two antennas 37
5.2.2 Measurement procedure for validation from 1 GHz to 18 GHz 37
5.2.3 Analysis of results 39
5.2.4 Acceptance criterion 40
5.2.5 Chamber performance versus polarization 41
5.2.6 Uncertainty 41
5.3 Validation of a FAR for the calibration of antennas by alternative methods 42
5.3.1 General 42
5.3.2 Validation of a FAR from 30 MHz to 1 GHz 42
5.3.3 Alternative validation of a FAR for the calibration of LPDA antennas above 1 GHz 42
5.3.4 Alternative validation of a FAR applying time-domain measurements above 500 MHz 43
5.4 Validation of a FAR for antenna radiation pattern measurements above 1 GHz 43
6 Validation methods for sites used for the calibration of directive antennas 43
6.1 Validation of the calibration site minimizing ground reflection by a height ≥ 4 m 43
6.1.1 Measurement procedure 43
6.1.2 Uncertainties 45
6.2 Validation of the calibration site minimizing ground reflection by use of absorber 46
7 Site validation by comparison of antenna factors, and application of RSM to evaluate the uncertainty contribution of a SAC site 47
7.1 Use of SAM for site validation by comparison of antenna factors 47
7.2 Application of RSM to evaluate the measurement uncertainty contribution of a calibration site comprising a SAC 48

Annex A (informative) CALTS characteristics and validation 50
A.1 General 50
A.2 The reflecting plane 50
A.2.1 Reflecting plane construction 50
A.2.2 Plane-edge effects and plane surroundings 51
A.3 Ancillary equipment 51
A.4 Additional stringent CALTS validation testing 52
A.4.1 General 52
A.4.2 Antenna-height scan measurements 52
A.4.3 Frequency scan measurements 53
Annex B (informative) Test antenna considerations 56
B.1 General 56
B.2 Example and verification of a test antenna 56
B.3 Determination of balun properties 58
B.3.1 The ideal lossless balun 58
B.3.2 Relations between balun properties and S-parameters 59
B.3.3 Insertion loss measurements 60

Annex C (informative) Antenna and SIL theory 63
C.1 Analytical relations 63
C.1.1 General 63
C.1.2 Total length of the test antenna 64
C.1.3 Theoretical SIL 65
C.1.4 Calculation example 69
C.2 Computations by the MoM 72
C.2.1 General 72
C.2.2 Antenna input impedance 73
C.2.3 Total length of the test antenna 73
C.2.4 SIL computations 73
C.2.5 Antenna factor (AF) computations 80
Annex D (informative) Pascal Program used in C.1.4 84
Annex E (informative) Validation procedure checklist 88
Annex F (informative) Evidence that field taper of VP site validation method has negligible effect on measured antenna factor 90
F.1 Investigation of vertical field taper 90
F.2 Calibration of biconical antennas using vertical polarization 90
Bibliography 92

Figure 1 – Schematic diagram of the test antenna 18
Figure 2 – Adjustment of a telescopic wire element to the length L_{we} 19
Figure 3 – Determination of $V_{r1}(f)$ or $V_{r2}(f)$ 23
Figure 4 – Determination of $V_s(f)$ with the wire antennas in their specified positions 23
Figure 5 – Example NSIL: horizontal polarization, antenna height 2 m, separation 10 m 26
Figure 6 – NSIL of the four pairs of calculable dipoles at 10 m separation and using the alternative heights for the 600 MHz to 1 000 MHz pair according to Table 5 27
Figure 7 – Relation between the quantities used in the SIL acceptance criterion 29
Figure 8 – Set-up of site validation for EMC antenna calibrations above 1 GHz in a FAR, also showing distance between antenna phase centres 38
Figure 9 – Example plots of $[A_{i\,m}(d) - A_{i\,m}(d_{3\,m})]$ in dB against distance in m at 1 GHz to 18 GHz in 1 GHz steps, corrected for LPDA and horn phase centres 40
Figure 10 – Example of antenna set-up for an LPDA antenna calibration in the frequency range above 200 MHz 44
Figure 11 – Example of SIL versus antenna height measured at 200 MHz with two LPDA antennas in vertical polarization at 2,5 m distance between their midpoints above the reflecting ground plane of an OATS 45
Figure 12 – Illustration of distances of transmit horn to omni-directional receive antenna and reflective building, and transmitted signal paths A and B 45
Figure B.1 – Example of a test antenna 58
Figure B.2 – Diagram of the measurement of S_{11} and S_{12}, and of S_{22} and S_{21}, when generator and load are interchanged 59
Figure B.3 – Schematic diagram for determination of the insertion loss $A_1(f)$ 61
Figure B.4 – Schematic diagram for determination of the insertion loss $A_2(f)$ 61
Figure C.1 – Network model for $A_{i\,c}$ calculations 66
Figure C.2 – Equivalent circuit to the network in Figure C.1 66

Figure C.3 – Definition of the mutual couplings, feed-terminal voltages and antenna currents of the antennas above the reflecting plane and their images 67

Figure C.4 – Cascade combination of the baluns and the site two-port network 74

Figure C.5 – Flow chart showing how SIL is obtained by combining the measured balun S-parameters and the NEC calculated S-parameters of the site two-port network 75

Figure F.1 – Field uniformity with height step 1 m to 2,6 m, normalized to field at 1,8 m height; monocone at 15 m range 90

Figure F.2 – Averaging of height steps, SAM, B.4.2 in CISPR 16-1-6:2014 91

Table 1 – Summary of site validation methods by subclause number 9

Table 2 – Maximum tolerances for d = 10 m 18

Table 3 – Frequency and fixed receive antenna height data for SIL measurements at 24 frequencies, with h_t = 2 m and d = 10 m [specified in 4.4.2.3 and 4.4.2.4] 22

Table 4 – RSM frequency steps 25

Table 5 (informative) – Antenna heights for SIL measurements 26

Table 6 – Antenna set-up for the SIL measurement of the calibration site using horizontally polarized resonant dipole antennas (see also 4.4.4 for SIL at 250 MHz and 300 MHz) 31

Table 7 – Antenna heights 32

Table 8 – Example measurement uncertainty budget for SIL between two monopole antennas 36

Table 9 – Example measurement uncertainty budget for FAR validation method at and above 1 GHz 41

Table 10 – Example measurement uncertainty budget for the site validation method in 6.1.1 46

Table 11 – Maximum tolerances for validation set-up at d = 10 m 49

Table A.1 – Example of fixed-length calculable dipole antennas and their subdivision of the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz 51

Table A.2 – Receive antenna heights and centre frequencies 54

Table C.1 – Example numerical (analytical) calculation of L_a, $A_{i\,c}$ (see C.1.4.2) 69

Table C.2 – Example numerical (analytical) calculation of ΔA_t (see C.1.4.3) 71

Table C.3 – Example numerical (analytical) calculation of h_{rc} and Δh_{rt} 72

Table C.4 – Example numerical (analytical) calculation of f_c and Δf_t 72

Table C.5 – MoM example calculation of $A_{i\,c}$ for vertical polarization, h_t = 2 m, except h_t = 2,75 m at 30 MHz, 35 MHz and 40 MHz 78

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

_____

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

FOREWORD

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

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

This Consolidated version of CISPR 16-1-5 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2014-12) [documents CISPR/A/1086A/FDIS and CISPR/A/1097/RVD] and its amendment 1 (2016-12) [documents CISPR/A/1183/FDIS and CISPR/A/1198/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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

International Standard CISPR 16-1-5 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

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

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

– site validation methods for other sites covered in CISPR 16-1-6 are added;

– smaller step sizes are specified for swept-frequency measurements;

– the minimum ground plane size is increased;

– other miscellaneous technical and editorial refinements are included.

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

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base 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.

INTRODUCTION

This standard describes validation procedures for Calibration Test Sites (CALTS) that are used to calibrate antennas in the frequency range 5 MHz to 18 GHz. The associated antenna calibration procedures are described in CISPR 16-1-6.

Due to problems with suppressing ground reflections in the frequency range 30 MHz to 200 MHz, the main function of a reflecting ground plane is for the calibration of dipole, biconical, and hybrid antennas over the frequency range for which their H-plane patterns are uniform. The free-space antenna factor, F_a, for dipole antennas may be measured in a free-space environment above 200 MHz. Because of the difficulty of reducing reflections from objects that surround an antenna, and in particular the ground surface, a flat metal ground plane is used to ensure reproducibility of results and to enable the ground reflected signal to be precisely removed mathematically.

Requirements for the construction of a CALTS are given in Annex A. The specifications and validation procedures for a CALTS are given in Clause 4. The most precise way of validating a CALTS is to use calculable dipole antennas, which are the basis of the validation procedure in this standard. The design principles of calculable antennas are given in Annex B, and the theory and methods for calculating site insertion loss (SIL) are given in Annex C and Annex D.

Validation procedures for other antenna calibration sites are given in Clause 5 through Clause 7. Where an antenna calibration method utilizes the ground reflection, a CALTS is required. The validation methods are summarized in Table 1 with reference to the associated antenna calibration methods in CISPR 16-1-6.

All site validation methods involve the measurement of SIL between two antennas. It is critical that the validation of the site itself not be unduly compromised by reflections from antenna supports; see A.3 for associated guidance.

Table 1 – Summary of site validation methods by subclause number

Calibration site(s)		CISPR 16-1-5 validation method(s) Subclause	CISPR 16-1-6:2014 calibration method(s) Subclause	Frequency range MHz	Antenna type(s)	Polarization	Notes
1	CALTS for monopoles	4.10	G.1	5 to 30	Monopole	VP	With tolerance of ± 1 dB
2	CALTS or SAC[a]	4, 7.2	8.4	30 to 1 000	Biconical, LPDA, hybrid	HP	SSM
3	CALTS or SAC	4	9.2.2	30 to 300	Biconical, hybrid, dipole	HP or VP	At large height or with absorber on ground
4	FAR	5.3.2	9.2.2	30 to 300 60 to 1 000	Biconical, hybrid, dipole Biconical, dipole	HP	
5	REFTS CALTS	4.7 4.9	9.3	30 to 300	Biconical, hybrid	VP	
6	Free space	6.1	9.4.2 9.4.3	200 to 18 000	LPDA, hybrid, horn	VP	HP with greater height
7	Free space	6.2	9.4.4	200 to 18 000	LPDA, hybrid, horn	VP (or HP)	With absorber on ground
8	FAR	5.3.3	9.5	1 000 to 18 000	Horn, LPDA	HP or VP	
9	FAR	5.3.2	9.2 and 9.4	140 to 1 000	LPDA, hybrid	HP or VP	
10	CALTS	4.6	B.4, B.5	30 to 300	Biconical, dipole	HP	
11	Transfer of properties of a validated site to a site not validated by methods in other clauses	7.1 (excluding 5.3 FAR)	A.9.4	30 and above	Any, but not monopole or loop	HP or VP	Use primarily for SAM and FAR, for particular antenna types and frequencies, except 5.3

[a] A CALTS is well specified as being free of reflecting obstacles, and if the antenna supports have negligible reflections the ground plane itself is likely to provide results that agree with the theoretical performance to better than 0,5 dB. However for a Semi Anechoic Chamber (SAC), it is important that the entire allowed acceptance criterion of 1 dB is not taken up by wall reflections, leaving no latitude for other uncertainty components such as reducing reflections from masts and cables.

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

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the requirements for calibration sites in the frequency range 5 MHz to 18 GHz used to perform antenna calibrations according to CISPR 16-1-6. It also specifies the requirements for reference test sites (REFTS) that are used for the validation of compliance test sites (COMTS) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz according to CISPR 16-1-4.

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

Measurement instrumentation specifications are given in CISPR 16-1-1 [1][1] and CISPR 16-1-4. Further information and background on uncertainties in general is given in CISPR 16-4 [3], which can also be helpful in establishing uncertainty estimates for the calibration processes of antennas and site validation measurements.

2 Normative references

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

CISPR 16-1-4:2010, *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*
CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012

CISPR 16-1-6:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-6: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC antenna calibration*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

[1] Numbers in square brackets refer to the bibliography.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 98
INTRODUCTION 100
1 Domaine d'application 102
2 Références normatives 102
3 Termes, définitions et abréviations 103
3.1 Termes et définitions 103
3.1.1 Termes relatifs à l'antenne 103
3.1.2 Termes de l'emplacement de mesure 105
3.1.3 Autres termes 106
3.2 Abréviations 107
4 Spécifications et procédures de validation des CALTS et des REFTS dans la plage comprise entre 5 MHz et 1 000 MHz 108
4.1 Généralités 108
4.2 Spécification d'un emplacement d'essai pour l'étalonnage d'une antenne (CALTS) 109
4.2.1 Généralités 109
4.2.2 Spécification normative 109
4.3 Spécification de l'antenne d'essai 109
4.3.1 Généralités 109
4.3.2 Détails des caractéristiques exigées de l'antenne d'essai 110
4.4 Procédure de validation d'un emplacement d'essai pour l'étalonnage des antennes 112
4.4.1 Généralités 112
4.4.2 Montage d'essai 113
4.4.3 Fréquences d'essai et hauteurs des antennes de réception 114
4.4.4 Mesures du SIL 115
4.4.5 Mesures du SIL à balayage de fréquence 117
4.4.6 Identification et réduction des réflexions des supports d'antenne 121
4.5 Critères d'acceptation de l'emplacement d'essai pour l'étalonnage des antennes 121
4.5.1 Généralités 121
4.5.2 Incertitudes de mesure 122
4.5.3 Critères d'acceptation 122
4.6 Emplacement d'étalonnage à plan de sol métallique pour les antennes biconiques et les antennes doublets accordées sur une gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 300 MHz 123
4.7 Validation d'un REFTS 124
4.7.1 Généralités 124
4.7.2 Validation pour la polarisation horizontale 124
4.7.3 Validation pour la polarisation verticale 125
4.8 Rapport de validation pour le CALTS et le REFTS 126
4.8.1 Généralités 126
4.8.2 Exigences pour le rapport de validation 126
4.9 Validation de l'emplacement pour l'étalonnage des antennes biconiques et des antennes doublets, et de la partie biconique des antennes hybrides en polarisation verticale 128
4.10 Validation d'un CALTS à l'aide d'une polarisation verticale entre 5 MHz et 30 MHz pour l'étalonnage d'antennes unipolaires 129

4.10.1 Généralités 129
4.10.2 Évaluation de l'incertitude 129
5 Méthodes de validation d'une FAR entre 30 MHz et 18 GHz 130
5.1 Généralités 130
5.2 Procédure de validation entre 1 GHz et 18 GHz 131
5.2.1 Transfert de puissance entre deux antennes 131
5.2.2 Procédure de mesure pour la validation entre 1 GHz et 18 GHz 131
5.2.3 Analyse des résultats 133
5.2.4 Critère d'acceptation 135
5.2.5 Performances de la chambre en fonction de la polarisation 135
5.2.6 Incertitudes 135
5.3 Validation d'une FAR pour l'étalonnage des antennes par d'autres méthodes 136
5.3.1 Généralités 136
5.3.2 Validation d'une enceinte complètement anéchoïque entre 30 MHz et 1 GHz 137
5.3.3 Autre validation d'une FAR pour l'étalonnage des antennes LPDA au-dessus de 1 GHz 137
5.3.4 Autre validation d'une FAR appliquant les mesures dans le domaine temporel au-dessus de 500 MHz 138
5.4 Validation d'une FAR pour les mesurages des diagrammes de rayonnement des antennes au-dessus de 1 GHz 138
6 Méthodes de validation des emplacements pour l'étalonnage des antennes directives 138
6.1 Validation de l'emplacement d'étalonnage en limitant la réflexion sur le sol par une hauteur ≥ 4 m 138
6.1.1 Procédure de mesure 138
6.1.2 Incertitudes 140
6.2 Validation de l'emplacement d'étalonnage en limitant la réflexion sur le sol à l'aide d'un absorbant 141
7 Validation d'emplacement par comparaison des facteurs d'antenne et application de la méthode d'emplacement de référence (RSM) pour évaluer l'incidence d'incertitude d'un emplacement SAC 142
7.1 Utilisation de la méthode d'antenne normalisée (SAM) pour la validation d'emplacement par comparaison des facteurs d'antenne 142
7.2 Application de la méthode d'emplacement de référence (RSM) pour évaluer l'incidence d'incertitude de mesure d'un emplacement d'étalonnage composé d'une enceinte semi-anéchoïque 143
Annexe A (informative) Caractéristiques et validation du CALTS 146
A.1 Généralités 146
A.2 Plan réfléchissant 146
A.2.1 Construction du plan réfléchissant 146
A.2.2 Effets des bords du plan et environnement du plan 147
A.3 Matériels associés 148
A.4 Essai de validation rigoureux du CALTS supplémentaire 148
A.4.1 Généralités 148
A.4.2 Mesures par balayage en hauteur de l'antenne 148
A.4.3 Mesures par balayage en fréquence 150
Annexe B (informative) Considérations sur l'antenne d'essai 152
B.1 Généralités 152
B.2 Exemple et vérification d'une antenne d'essai 152
B.3 Détermination des propriétés du symétriseur 154

B.3.1 Symétriseur idéal sans perte 154
B.3.2 Relations entre les propriétés du symétriseur et les paramètres S 156
B.3.3 Mesure des pertes d'insertion 157
Annexe C (informative) Théorie des antennes et du SIL 159
C.1 Relations analytiques 159
C.1.1 Généralités 159
C.1.2 Longueur totale de l'antenne d'essai 160
C.1.3 SIL théorique 161
C.1.4 Exemple de calculs 165
C.2 Calculs selon la méthode des moments 169
C.2.1 Généralités 169
C.2.2 Impédance d'entrée de l'antenne 170
C.2.3 Longueur totale de l'antenne d'essai 170
C.2.4 Calculs du SIL 170
C.2.5 Calculs du facteur d'antenne (FA) 178
Annexe D (informative) Programme Pascal utilisé en C.1.4 183
Annexe E (informative) Liste de vérification pour la procédure de validation 187
Annexe F (informative) Éléments démontrant que la conicité du champ de la méthode de validation d'emplacement à polarisation verticale a un effet négligeable sur le facteur d'antenne mesuré 189
F.1 Examen de la conicité du champ vertical 189
F.2 Étalonnage des antennes biconiques à polarisation verticale 189
Bibliographie 191

Figure 1 – Diagramme schématique de l'antenne d'essai 110
Figure 2 – Réglage d'un élément filaire télescopique à la longueur L_{we} 111
Figure 3 – Détermination de $V_{r1}(f)$ ou $V_{r2}(f)$ 115
Figure 4 – Détermination de $V_s(f)$, les antennes filaires étant dans leur position spécifiée 116
Figure 5 – Exemple de NSIL: polarisation horizontale, hauteur d'antenne de 2 m, séparation de 10 m 119
Figure 6 – NSIL de quatre paires de doublets calculés séparés de 10 m et utilisant les hauteurs alternatives de la paire 600 MHz à 1 000 MHz conformément au Tableau 5 120
Figure 7 – Relation entre les grandeurs utilisées dans le critère d'acceptation du SIL 123
Figure 8 – Montage de validation d'emplacement des étalonnages d'antenne CEM au-dessus de 1 GHz dans une enceinte complètement anéchoïque, montrant également la distance entre les centres de phase des antennes 132
Figure 9 – Exemples de tracé de $[A_{i\,m}(d) - A_{i\,m}(d_{3\,m})]$ en dB en fonction de la distance en m entre 1 GHz et 18 GHz par incréments de 1 GHz, corrigé pour les centres de phase des antennes LPDA et des antennes à cornet 135
Figure 10 – Exemple de montage d'antenne pour un étalonnage d'antenne LPDA dans la gamme de fréquences au-dessus de 200 MHz 139
Figure 11 – Exemple de SIL par rapport à la hauteur d'antenne mesurée à 200 MHz avec deux antennes LPDA à polarisation verticale, à 2,5 m de distance entre leurs points médians au-dessus du plan de sol réfléchissant d'un OATS 140
Figure 12 – Illustration des distances entre une antenne cornet d'émission et une antenne de réception omnidirectionnelle et un bâtiment réfléchissant, et les chemins de signal A et B 140
Figure B.1 – Exemple d'antenne d'essai 154

Figure B.2 – Diagramme de la mesure de S_{11} et S_{12}, et de S_{22} et S_{21}, lorsque le générateur et la charge sont permutés 155

Figure B.3 – Schéma de principe pour la détermination de la perte d'insertion $A_1(f)$ 157

Figure B.4 – Schéma de principe pour la détermination de la perte d'insertion $A_2(f)$ 157

Figure C.1 – Modèle de réseau pour les calculs de A_{ic} 162

Figure C.2 – Circuit équivalent au réseau de la Figure C.1 162

Figure C.3 – Définition des couplages mutuels, tensions aux bornes d'alimentation et courants dans les antennes, pour les antennes situées au-dessus du plan réfléchissant et pour leurs images 163

Figure C.4 – Combinaison en cascade des symétriseurs et du réseau à deux accès de l'emplacement 171

Figure C.5 – Organigramme présentant la manière d'obtenir le SIL en combinant les paramètres S mesurés du symétriseur et les paramètres S calculés par le NEC du réseau à deux accès de l'emplacement 173

Figure F.1 – Uniformité du champ à des hauteurs comprises entre 1 m et 2,6 m, normalisée en fonction du champ à 1,8 m de haut. Antenne monoconique à gamme de 15 m 189

Figure F.2 – Moyenne des hauteurs, SAM, B.4.2 de la CISPR 16-1-6:2014 190

Tableau 1 – Récapitulatif des méthodes de validation d'emplacement par numéro de paragraphe 101

Tableau 2 – Tolérances maximales pour d = 10 m 111

Tableau 3 – Données de fréquence et de hauteur d'antenne de réception fixe pour les mesures du SIL aux 24 fréquences, avec h_t = 2 m et d = 10 m [spécifiés en 4.4.2.3 et 4.4.2.4] 114

Tableau 4 – Pas de fréquence RSM 118

Tableau 5 (informatif) – Hauteurs d'antenne pour les mesures du SIL 119

Tableau 6 – Montage de l'antenne pour la mesure du SIL de l'emplacement d'étalonnage à l'aide d'antennes doublets résonantes à polarisation horizontale (voir 4.4.4 pour le SIL à 250 MHz et 300 MHz) 124

Tableau 7 – Hauteurs d'antenne 125

Tableau 8 – Exemple de budget d'incertitude de mesure du SIL entre deux antennes unipolaires 130

Tableau 9 – Exemple de budget d'incertitude de mesure pour la méthode de validation de la FAR à 1 GHz et au-dessus 136

Tableau 10 – Exemple de budget d'incertitude de mesure de la méthode de validation d'emplacement de 6.1.1 141

Tableau 11 – Tolérances maximales pour le montage de validation à d = 10 m 145

Tableau A.1 – Exemple d'antennes doublets calculés de longueur fixe et de la subdivision de leur gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 1 000 MHz 147

Tableau A.2 – Hauteurs et fréquences centrales de l'antenne de réception 150

Tableau C.1 – Exemple de calcul numérique (analytique) de L_a, A_{ic} (voir C.1.4.2) 166

Tableau C.2 – Exemple de calcul numérique (analytique) de ΔA_t (voir C.1.4.3) 168

Tableau C.3 – Exemple de calcul numérique (analytique) de h_{rc} et Δh_{rt} 169

Tableau C.4 – Exemple de calcul numérique (analytique) de f_c et Δf_t 169

Tableau C.5 – Exemple de calcul par la méthode des moments de A_{ic} pour la polarisation verticale h_t = 2 m, à l'exception de h_t = 2,75 m à 30 MHz, 35 MHz et 40 MHz 176

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

_____

SPÉCIFICATION 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

AVANT-PROPOS

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

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

Cette version consolidée de la CISPR 16-1-5 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2014-12) [documents CISPR/A/1086A/FDIS et CISPR/A/1097/RVD] et son amendement 1 (2016-12) [documents CISPR/A/1183/FDIS et CISPR/A/1198/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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

La Norme internationale CISPR 16-1-5 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique.*

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

– des méthodes de validation d'autres emplacements couverts dans le CISPR 16-1-6 sont ajoutées;

– des tailles de pas plus petites sont spécifiées pour les mesures par balayage de fréquence;

– la dimension minimale du plan de sol a été augmentée;

– d'autres améliorations techniques et éditoriales diverses sont incluses.

Une liste de toutes les parties du CISPR 16, présentées 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.

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

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 l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme décrit les procédures de validation des emplacements d'étalonnage (calibration test site, CALTS, en anglais) utilisés pour étalonner les antennes dans la gamme de fréquences comprise entre 5 MHz et 18 GHz. Les procédures d'étalonnage d'antenne associées sont décrites dans la CISPR 16-1-6.

Compte tenu des problèmes liés à la suppression des réflexions sur le sol dans la gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 200 MHz, la principale fonction d'un plan de sol réfléchissant concerne l'étalonnage d'antennes doublets, biconiques et hybrides sur la gamme de fréquences pour lesquelles leurs caractéristiques de plan H sont uniformes. Le facteur d'antenne en espace libre, F_a, des antennes doublets peut être mesuré dans un environnement en espace libre au-dessus de 200 MHz. Compte tenu de la difficulté à réduire les réflexions des objets entourant une antenne, et en particulier la surface du sol, un plan de sol métallique plat est utilisé pour assurer la reproductibilité des résultats et permettre d'éliminer précisément et de manière mathématique le signal réfléchi sur le sol.

Les exigences de construction d'un CALTS sont données à l'Annexe A. Les spécifications et procédures de validation d'un CALTS sont données à l'Article 4. Le moyen le plus précis de valider un CALTS consiste à utiliser des antennes doublets calculées, qui sont à la base de la procédure de validation présentée dans cette Norme. Les principes de conception des antennes calculées sont donnés à l'Annexe B, et la théorie et les méthodes de calcul de l'affaiblissement d'insertion de l'emplacement (SIL) sont données à l'Annexe C et à l'Annexe D.

Les procédures de validation des autres emplacements d'étalonnage d'antenne sont données de l'Article 5 à l'Article 7. Si une méthode d'étalonnage d'antenne utilise la réflexion sur le sol, un CALTS est exigé. Les méthodes de validation sont résumées au Tableau 1 avec une référence aux méthodes d'étalonnage d'antenne associées dans le CISPR 16-1-6.

Toutes les méthodes de validation d'emplacement impliquent de mesurer l'affaiblissement d'insertion de l'emplacement entre deux antennes. Il est essentiel que des réflexions provenant de supports d'antenne ne compromettent pas outre mesure la validation de l'emplacement lui-même. Voir A.3 pour les lignes directrices connexes.

Tableau 1 – Récapitulatif des méthodes de validation d'emplacement par numéro de paragraphe

Emplacement(s) d'étalonnage		Méthode(s) de validation CISPR 16-1-5 Paragraphe	Méthode(s) d'étalonnage CISPR 16-1-6:2014 Paragraphe	Gamme de fréquences MHz	Type(s) d'antenne	Polarisation	Notes
1	CALTS pour les unipolaires	4.10	G.1	5 à 30	Unipolaire	PV	Avec une tolérance de ± 1 dB
2	CALTS ou SAC[a]	4, 7.2	8,4	30 à 1 000	Biconique, LPDA, hybride	PH	SSM
3	CALTS ou SAC	4	9.2.2	30 à 300	Biconique, hybride, doublet	PH ou PV	Grande hauteur ou avec absorbant au sol
4	FAR	5.3.2	9.2.2	30 à 300 60 à 1 000	Biconique, hybride, doublet Biconique, doublet	PH	
5	REFTS CALTS	4.7 4.9	9,3	30 à 300	Biconique, hybride	PV	
6	Espace libre	6.1	9.4.2 9.4.3	200 à 18 000	LPDA, hybride, cornet	PV	PH avec hauteur plus importante
7	Espace libre	6.2	9.4.4	200 à 18 000	LPDA, hybride, cornet	PV (ou PH)	Avec absorbant au sol
8	FAR	5.2.2 5.3.3	9,5	1 000 à 18 000	Cornet, LPDA	PH ou PV	
9	FAR	5.3.2	9.2 et 9.4	140 à 1 000	LPDA, hybride	PH ou PV	
10	CALTS	4.6	B.4, B.5	30 à 300	Biconique, doublet	PH	
11	Transfert de propriétés d'un emplacement validé vers un emplacement non validé par les méthodes d'autres articles	7.1 (à l'exclusion de la 5.3 FAR)	A.9.4	30 et au-dessus	Tous, sauf l'unipolaire ou la boucle	PH ou PV	Utilisé principalement pour la SAM et la FAR, pour les types d'antenne et les fréquences particuliers, sauf 5.3

[a] Un CALTS est bien spécifié comme étant dépourvu d'obstacles réfléchissants, et si les supports d'antenne présentent des réflexions négligeables, le plan de sol lui-même est susceptible de donner des résultats conformes aux performances théoriques supérieures à 0,5 dB. Toutefois, s'agissant d'une Chambre Semi Anechoique (SAC), il est important que l'ensemble du critère d'acceptation admis de 1 dB ne soit pas repris par les réflexions murales, ne laissant aucune latitude à d'autres composantes d'incertitude, telles que la réduction des réflexions provenant des mâts et des câbles.

SPÉCIFICATION 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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les exigences relatives aux emplacements d'étalonnage dans la gamme de fréquences comprise entre 5 MHz et 18 GHz utilisée pour étalonner l'antenne conformément à la CISPR 16-1-6. Elle spécifie également les exigences relatives aux emplacements d'essai de référence (REFTS) utilisés pour valider les emplacements d'essais de conformité (COMTS) dans la gamme de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz conformément à la CISPR 16-1-4.

Elle a le statut de Norme fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique.*

Les spécifications de l'instrumentation de mesure sont données dans la CISPR 16-1-1 [1][1] et la CISPR 16-1-4. Des informations supplémentaires et générales sur les incertitudes sont données dans la CISPR 16-4 [3], qui peut également être utile pour établir les estimations de l'incertitude pour les processus d'étalonnage des antennes et les mesures de validation d'emplacement.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 16-1-4:2010, *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*
CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)*

---

[1] Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

CISPR 16-1-5

Edition 2.1 2016-12

FINAL VERSION

VERSION FINALE

colour inside

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 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz

Spécification 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 16-1-5:2014-12+AMD1:2016-12 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8

1 Scope 10
2 Normative references 10
3 Terms, definitions and abbreviations 10
3.1 Terms and definitions 10
3.1.1 Antenna terms 11
3.1.2 Measurement site terms 13
3.1.3 Other terms 14
3.2 Abbreviations 15
4 Specifications and validation procedures for CALTS and REFTS from 5 MHz to 1 000 MHz 16
4.1 General 16
4.2 Antenna calibration test site (CALTS) specification 16
4.2.1 General 16
4.2.2 Normative specification 17
4.3 Test antenna specification 17
4.3.1 General 17
4.3.2 Details of the required characteristics of the test antenna 18
4.4 Antenna calibration test site validation procedure 20
4.4.1 General 20
4.4.2 Test set-up 20
4.4.3 Test frequencies and receive antenna heights 22
4.4.4 SIL measurements 22
4.4.5 Swept frequency SIL measurements 25
4.4.6 Identifying and reducing reflections from antenna supports 28
4.5 Antenna calibration test site acceptance criteria 28
4.5.1 General 28
4.5.2 Measurement uncertainties 28
4.5.3 Acceptance criteria 29
4.6 Calibration site with a metal ground plane for biconical antennas and tuned dipole antennas over the frequency range 30 MHz to 300 MHz 30
4.7 Validation of a REFTS 31
4.7.1 General 31
4.7.2 Validation for horizontal polarization 31
4.7.3 Validation for vertical polarization 31
4.8 Validation report for CALTS and REFTS 33
4.8.1 General 33
4.8.2 Validation report requirements 33
4.9 Site validation for the calibration of biconical and dipole antennas, and the biconical part of hybrid antennas in vertical polarization 34
4.10 Validation of a CALTS using vertical polarization from 5 MHz to 30 MHz for the calibration of monopole antennas 35
4.10.1 General 35
4.10.2 Uncertainty evaluation 36

5 Validation methods for a FAR from 30 MHz to 18 GHz 36
5.1 General 36
5.2 Validation procedure 1 GHz to 18 GHz 37
5.2.1 Power transfer between two antennas 37
5.2.2 Measurement procedure for validation from 1 GHz to 18 GHz 37
5.2.3 Analysis of results 39
5.2.4 Acceptance criterion 40
5.2.5 Chamber performance versus polarization 41
5.2.6 Uncertainty 41
5.3 Validation of a FAR for the calibration of antennas by alternative methods 42
5.3.1 General 42
5.3.2 Validation of a FAR from 30 MHz to 1 GHz 42
5.3.3 Alternative validation of a FAR for the calibration of LPDA antennas above 1 GHz 42
5.3.4 Alternative validation of a FAR applying time-domain measurements above 500 MHz 43
5.4 Validation of a FAR for antenna radiation pattern measurements above 1 GHz 43
6 Validation methods for sites used for the calibration of directive antennas 43
6.1 Validation of the calibration site minimizing ground reflection by a height ≥ 4 m 43
6.1.1 Measurement procedure 43
6.1.2 Uncertainties 45
6.2 Validation of the calibration site minimizing ground reflection by use of absorber 46
7 Site validation by comparison of antenna factors, and application of RSM to evaluate the uncertainty contribution of a SAC site 47
7.1 Use of SAM for site validation by comparison of antenna factors 47
7.2 Application of RSM to evaluate the measurement uncertainty contribution of a calibration site comprising a SAC 48

Annex A (informative) CALTS characteristics and validation 50
A.1 General 50
A.2 The reflecting plane 50
A.2.1 Reflecting plane construction 50
A.2.2 Plane-edge effects and plane surroundings 51
A.3 Ancillary equipment 51
A.4 Additional stringent CALTS validation testing 52
A.4.1 General 52
A.4.2 Antenna-height scan measurements 52
A.4.3 Frequency scan measurements 53
Annex B (informative) Test antenna considerations 56
B.1 General 56
B.2 Example and verification of a test antenna 56
B.3 Determination of balun properties 58
B.3.1 The ideal lossless balun 58
B.3.2 Relations between balun properties and S-parameters 59
B.3.3 Insertion loss measurements 60

Annex C (informative) Antenna and SIL theory 63
C.1 Analytical relations 63
C.1.1 General 63
C.1.2 Total length of the test antenna 64
C.1.3 Theoretical SIL 65
C.1.4 Calculation example 69
C.2 Computations by the MoM 72
C.2.1 General 72
C.2.2 Antenna input impedance 73
C.2.3 Total length of the test antenna 73
C.2.4 SIL computations 73
C.2.5 Antenna factor (AF) computations 80
Annex D (informative) Pascal Program used in C.1.4 84
Annex E (informative) Validation procedure checklist 88
Annex F (informative) Evidence that field taper of VP site validation method has negligible effect on measured antenna factor 90
F.1 Investigation of vertical field taper 90
F.2 Calibration of biconical antennas using vertical polarization 90
Bibliography 92

Figure 1 – Schematic diagram of the test antenna 18
Figure 2 – Adjustment of a telescopic wire element to the length L_{we} 19
Figure 3 – Determination of $V_{r1}(f)$ or $V_{r2}(f)$ 23
Figure 4 – Determination of $V_s(f)$ with the wire antennas in their specified positions 23
Figure 5 – Example NSIL: horizontal polarization, antenna height 2 m, separation 10 m 26
Figure 6 – NSIL of the four pairs of calculable dipoles at 10 m separation and using the alternative heights for the 600 MHz to 1 000 MHz pair according to Table 5 27
Figure 7 – Relation between the quantities used in the SIL acceptance criterion 29
Figure 8 – Set-up of site validation for EMC antenna calibrations above 1 GHz in a FAR, also showing distance between antenna phase centres 38
Figure 9 – Example plots of $[A_{i\,m}(d) - A_{i\,m}(d_{3\,m})]$ in dB against distance in m at 1 GHz to 18 GHz in 1 GHz steps, corrected for LPDA and horn phase centres 40
Figure 10 – Example of antenna set-up for an LPDA antenna calibration in the frequency range above 200 MHz 44
Figure 11 – Example of SIL versus antenna height measured at 200 MHz with two LPDA antennas in vertical polarization at 2,5 m distance between their midpoints above the reflecting ground plane of an OATS 45
Figure 12 – Illustration of distances of transmit horn to omni-directional receive antenna and reflective building, and transmitted signal paths A and B 45
Figure B.1 – Example of a test antenna 58
Figure B.2 – Diagram of the measurement of S_{11} and S_{12}, and of S_{22} and S_{21}, when generator and load are interchanged 59
Figure B.3 – Schematic diagram for determination of the insertion loss $A_1(f)$ 61
Figure B.4 – Schematic diagram for determination of the insertion loss $A_2(f)$ 61
Figure C.1 – Network model for $A_{i\,c}$ calculations 66
Figure C.2 – Equivalent circuit to the network in Figure C.1 66

Figure C.3 – Definition of the mutual couplings, feed-terminal voltages and antenna currents of the antennas above the reflecting plane and their images 67

Figure C.4 – Cascade combination of the baluns and the site two-port network 74

Figure C.5 – Flow chart showing how SIL is obtained by combining the measured balun S-parameters and the NEC calculated S-parameters of the site two-port network 75

Figure F.1 – Field uniformity with height step 1 m to 2,6 m, normalized to field at 1,8 m height; monocone at 15 m range 90

Figure F.2 – Averaging of height steps, SAM, B.4.2 in CISPR 16-1-6:2014 91

Table 1 – Summary of site validation methods by subclause number 9

Table 2 – Maximum tolerances for d = 10 m 18

Table 3 – Frequency and fixed receive antenna height data for SIL measurements at 24 frequencies, with h_t = 2 m and d = 10 m [specified in 4.4.2.3 and 4.4.2.4] 22

Table 4 – RSM frequency steps 25

Table 5 (informative) – Antenna heights for SIL measurements 26

Table 6 – Antenna set-up for the SIL measurement of the calibration site using horizontally polarized resonant dipole antennas (see also 4.4.4 for SIL at 250 MHz and 300 MHz) 31

Table 7 – Antenna heights 32

Table 8 – Example measurement uncertainty budget for SIL between two monopole antennas 36

Table 9 – Example measurement uncertainty budget for FAR validation method at and above 1 GHz 41

Table 10 – Example measurement uncertainty budget for the site validation method in 6.1.1 46

Table 11 – Maximum tolerances for validation set-up at d = 10 m 49

Table A.1 – Example of fixed-length calculable dipole antennas and their subdivision of the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz 51

Table A.2 – Receive antenna heights and centre frequencies 54

Table C.1 – Example numerical (analytical) calculation of L_a, $A_{i\,c}$ (see C.1.4.2) 69

Table C.2 – Example numerical (analytical) calculation of ΔA_t (see C.1.4.3) 71

Table C.3 – Example numerical (analytical) calculation of h_{rc} and Δh_{rt} 72

Table C.4 – Example numerical (analytical) calculation of f_c and Δf_t 72

Table C.5 – MoM example calculation of $A_{i\,c}$ for vertical polarization, h_t = 2 m, except h_t = 2,75 m at 30 MHz, 35 MHz and 40 MHz 78

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

_____

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

FOREWORD

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

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

This Consolidated version of CISPR 16-1-5 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2014-12) [documents CISPR/A/1086A/FDIS and CISPR/A/1097/RVD] and its amendment 1 (2016-12) [documents CISPR/A/1183/FDIS and CISPR/A/1198/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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

International Standard CISPR 16-1-5 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

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

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

– site validation methods for other sites covered in CISPR 16-1-6 are added;

– smaller step sizes are specified for swept-frequency measurements;

– the minimum ground plane size is increased;

– other miscellaneous technical and editorial refinements are included.

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

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base 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.

INTRODUCTION

This standard describes validation procedures for Calibration Test Sites (CALTS) that are used to calibrate antennas in the frequency range 5 MHz to 18 GHz. The associated antenna calibration procedures are described in CISPR 16-1-6.

Due to problems with suppressing ground reflections in the frequency range 30 MHz to 200 MHz, the main function of a reflecting ground plane is for the calibration of dipole, biconical, and hybrid antennas over the frequency range for which their H-plane patterns are uniform. The free-space antenna factor, F_a, for dipole antennas may be measured in a free-space environment above 200 MHz. Because of the difficulty of reducing reflections from objects that surround an antenna, and in particular the ground surface, a flat metal ground plane is used to ensure reproducibility of results and to enable the ground reflected signal to be precisely removed mathematically.

Requirements for the construction of a CALTS are given in Annex A. The specifications and validation procedures for a CALTS are given in Clause 4. The most precise way of validating a CALTS is to use calculable dipole antennas, which are the basis of the validation procedure in this standard. The design principles of calculable antennas are given in Annex B, and the theory and methods for calculating site insertion loss (SIL) are given in Annex C and Annex D.

Validation procedures for other antenna calibration sites are given in Clause 5 through Clause 7. Where an antenna calibration method utilizes the ground reflection, a CALTS is required. The validation methods are summarized in Table 1 with reference to the associated antenna calibration methods in CISPR 16-1-6.

All site validation methods involve the measurement of SIL between two antennas. It is critical that the validation of the site itself not be unduly compromised by reflections from antenna supports; see A.3 for associated guidance.

Table 1 – Summary of site validation methods by subclause number

Calibration site(s)		CISPR 16-1-5 validation method(s) Subclause	CISPR 16-1-6:2014 calibration method(s) Subclause	Frequency range MHz	Antenna type(s)	Polarization	Notes
1	CALTS for monopoles	4.10	G.1	5 to 30	Monopole	VP	With tolerance of ± 1 dB
2	CALTS or SAC[a]	4, 7.2	8.4	30 to 1 000	Biconical, LPDA, hybrid	HP	SSM
3	CALTS or SAC	4	9.2.2	30 to 300	Biconical, hybrid, dipole	HP or VP	At large height or with absorber on ground
4	FAR	5.3.2	9.2.2	30 to 300 60 to 1 000	Biconical, hybrid, dipole Biconical, dipole	HP	
5	REFTS CALTS	4.7 4.9	9.3	30 to 300	Biconical, hybrid	VP	
6	Free space	6.1	9.4.2 9.4.3	200 to 18 000	LPDA, hybrid, horn	VP	HP with greater height
7	Free space	6.2	9.4.4	200 to 18 000	LPDA, hybrid, horn	VP (or HP)	With absorber on ground
8	FAR	5.3.3	9.5	1 000 to 18 000	Horn, LPDA	HP or VP	
9	FAR	5.3.2	9.2 and 9.4	140 to 1 000	LPDA, hybrid	HP or VP	
10	CALTS	4.6	B.4, B.5	30 to 300	Biconical, dipole	HP	
11	Transfer of properties of a validated site to a site not validated by methods in other clauses	7.1 (excluding 5.3 FAR)	A.9.4	30 and above	Any, but not monopole or loop	HP or VP	Use primarily for SAM and FAR, for particular antenna types and frequencies, except 5.3

[a] A CALTS is well specified as being free of reflecting obstacles, and if the antenna supports have negligible reflections the ground plane itself is likely to provide results that agree with the theoretical performance to better than 0,5 dB. However for a Semi Anechoic Chamber (SAC), it is important that the entire allowed acceptance criterion of 1 dB is not taken up by wall reflections, leaving no latitude for other uncertainty components such as reducing reflections from masts and cables.

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

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the requirements for calibration sites in the frequency range 5 MHz to 18 GHz used to perform antenna calibrations according to CISPR 16-1-6. It also specifies the requirements for reference test sites (REFTS) that are used for the validation of compliance test sites (COMTS) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz according to CISPR 16-1-4.

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

Measurement instrumentation specifications are given in CISPR 16-1-1 [1][1] and CISPR 16-1-4. Further information and background on uncertainties in general is given in CISPR 16-4 [3], which can also be helpful in establishing uncertainty estimates for the calibration processes of antennas and site validation measurements.

2 Normative references

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

CISPR 16-1-4:2010, *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*
CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012

CISPR 16-1-6:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-6: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC antenna calibration*
CISPR 16-1-6:2014/AMD1:2016

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

[1] Numbers in square brackets refer to the bibliography.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 98
INTRODUCTION 100
1 Domaine d'application 102
2 Références normatives 102
3 Termes, définitions et abréviations 103
3.1 Termes et définitions 103
3.1.1 Termes relatifs à l'antenne 103
3.1.2 Termes de l'emplacement de mesure 105
3.1.3 Autres termes 106
3.2 Abréviations 107
4 Spécifications et procédures de validation des CALTS et des REFTS dans la plage comprise entre 5 MHz et 1 000 MHz 108
4.1 Généralités 108
4.2 Spécification d'un emplacement d'essai pour l'étalonnage d'une antenne (CALTS) 109
4.2.1 Généralités 109
4.2.2 Spécification normative 109
4.3 Spécification de l'antenne d'essai 109
4.3.1 Généralités 109
4.3.2 Détails des caractéristiques exigées de l'antenne d'essai 110
4.4 Procédure de validation d'un emplacement d'essai pour l'étalonnage des antennes 112
4.4.1 Généralités 112
4.4.2 Montage d'essai 113
4.4.3 Fréquences d'essai et hauteurs des antennes de réception 114
4.4.4 Mesures du SIL 115
4.4.5 Mesures du SIL à balayage de fréquence 117
4.4.6 Identification et réduction des réflexions des supports d'antenne 121
4.5 Critères d'acceptation de l'emplacement d'essai pour l'étalonnage des antennes 121
4.5.1 Généralités 121
4.5.2 Incertitudes de mesure 122
4.5.3 Critères d'acceptation 122
4.6 Emplacement d'étalonnage à plan de sol métallique pour les antennes biconiques et les antennes doublets accordées sur une gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 300 MHz 123
4.7 Validation d'un REFTS 124
4.7.1 Généralités 124
4.7.2 Validation pour la polarisation horizontale 124
4.7.3 Validation pour la polarisation verticale 125
4.8 Rapport de validation pour le CALTS et le REFTS 126
4.8.1 Généralités 126
4.8.2 Exigences pour le rapport de validation 126
4.9 Validation de l'emplacement pour l'étalonnage des antennes biconiques et des antennes doublets, et de la partie biconique des antennes hybrides en polarisation verticale 128
4.10 Validation d'un CALTS à l'aide d'une polarisation verticale entre 5 MHz et 30 MHz pour l'étalonnage d'antennes unipolaires 129

4.10.1 Généralités 129
4.10.2 Évaluation de l'incertitude 129
5 Méthodes de validation d'une FAR entre 30 MHz et 18 GHz 130
5.1 Généralités 130
5.2 Procédure de validation entre 1 GHz et 18 GHz 131
5.2.1 Transfert de puissance entre deux antennes 131
5.2.2 Procédure de mesure pour la validation entre 1 GHz et 18 GHz 131
5.2.3 Analyse des résultats 133
5.2.4 Critère d'acceptation 135
5.2.5 Performances de la chambre en fonction de la polarisation 135
5.2.6 Incertitudes 135
5.3 Validation d'une FAR pour l'étalonnage des antennes par d'autres méthodes 136
5.3.1 Généralités 136
5.3.2 Validation d'une enceinte complètement anéchoïque entre 30 MHz et 1 GHz 137
5.3.3 Autre validation d'une FAR pour l'étalonnage des antennes LPDA au-dessus de 1 GHz 137
5.3.4 Autre validation d'une FAR appliquant les mesures dans le domaine temporel au-dessus de 500 MHz 138
5.4 Validation d'une FAR pour les mesurages des diagrammes de rayonnement des antennes au-dessus de 1 GHz 138
6 Méthodes de validation des emplacements pour l'étalonnage des antennes directives 138
6.1 Validation de l'emplacement d'étalonnage en limitant la réflexion sur le sol par une hauteur ≥ 4 m 138
6.1.1 Procédure de mesure 138
6.1.2 Incertitudes 140
6.2 Validation de l'emplacement d'étalonnage en limitant la réflexion sur le sol à l'aide d'un absorbant 141
7 Validation d'emplacement par comparaison des facteurs d'antenne et application de la méthode d'emplacement de référence (RSM) pour évaluer l'incidence d'incertitude d'un emplacement SAC 142
7.1 Utilisation de la méthode d'antenne normalisée (SAM) pour la validation d'emplacement par comparaison des facteurs d'antenne 142
7.2 Application de la méthode d'emplacement de référence (RSM) pour évaluer l'incidence d'incertitude de mesure d'un emplacement d'étalonnage composé d'une enceinte semi-anéchoïque 143
Annexe A (informative) Caractéristiques et validation du CALTS 146
A.1 Généralités 146
A.2 Plan réfléchissant 146
A.2.1 Construction du plan réfléchissant 146
A.2.2 Effets des bords du plan et environnement du plan 147
A.3 Matériels associés 148
A.4 Essai de validation rigoureux du CALTS supplémentaire 148
A.4.1 Généralités 148
A.4.2 Mesures par balayage en hauteur de l'antenne 148
A.4.3 Mesures par balayage en fréquence 150
Annexe B (informative) Considérations sur l'antenne d'essai 152
B.1 Généralités 152
B.2 Exemple et vérification d'une antenne d'essai 152
B.3 Détermination des propriétés du symétriseur 154

B.3.1 Symétriseur idéal sans perte 154
B.3.2 Relations entre les propriétés du symétriseur et les paramètres S 156
B.3.3 Mesure des pertes d'insertion 157
Annexe C (informative) Théorie des antennes et du SIL 159
C.1 Relations analytiques 159
C.1.1 Généralités 159
C.1.2 Longueur totale de l'antenne d'essai 160
C.1.3 SIL théorique 161
C.1.4 Exemple de calculs 165
C.2 Calculs selon la méthode des moments 169
C.2.1 Généralités 169
C.2.2 Impédance d'entrée de l'antenne 170
C.2.3 Longueur totale de l'antenne d'essai 170
C.2.4 Calculs du SIL 170
C.2.5 Calculs du facteur d'antenne (FA) 178
Annexe D (informative) Programme Pascal utilisé en C.1.4 183
Annexe E (informative) Liste de vérification pour la procédure de validation 187
Annexe F (informative) Éléments démontrant que la conicité du champ de la méthode de validation d'emplacement à polarisation verticale a un effet négligeable sur le facteur d'antenne mesuré 189
F.1 Examen de la conicité du champ vertical 189
F.2 Étalonnage des antennes biconiques à polarisation verticale 189
Bibliographie 191

Figure 1 – Diagramme schématique de l'antenne d'essai 110
Figure 2 – Réglage d'un élément filaire télescopique à la longueur L_{we} 111
Figure 3 – Détermination de $V_{r1}(f)$ ou $V_{r2}(f)$ 115
Figure 4 – Détermination de $V_s(f)$, les antennes filaires étant dans leur position spécifiée 116
Figure 5 – Exemple de NSIL: polarisation horizontale, hauteur d'antenne de 2 m, séparation de 10 m 119
Figure 6 – NSIL de quatre paires de doublets calculés séparés de 10 m et utilisant les hauteurs alternatives de la paire 600 MHz à 1 000 MHz conformément au Tableau 5 120
Figure 7 – Relation entre les grandeurs utilisées dans le critère d'acceptation du SIL 123
Figure 8 – Montage de validation d'emplacement des étalonnages d'antenne CEM au-dessus de 1 GHz dans une enceinte complètement anéchoïque, montrant également la distance entre les centres de phase des antennes 132
Figure 9 – Exemples de tracé de $[A_{i\,m}(d) - A_{i\,m}(d_{3\,m})]$ en dB en fonction de la distance en m entre 1 GHz et 18 GHz par incréments de 1 GHz, corrigé pour les centres de phase des antennes LPDA et des antennes à cornet 135
Figure 10 – Exemple de montage d'antenne pour un étalonnage d'antenne LPDA dans la gamme de fréquences au-dessus de 200 MHz 139
Figure 11 – Exemple de SIL par rapport à la hauteur d'antenne mesurée à 200 MHz avec deux antennes LPDA à polarisation verticale, à 2,5 m de distance entre leurs points médians au-dessus du plan de sol réfléchissant d'un OATS 140
Figure 12 – Illustration des distances entre une antenne cornet d'émission et une antenne de réception omnidirectionnelle et un bâtiment réfléchissant, et les chemins de signal A et B 140
Figure B.1 – Exemple d'antenne d'essai 154

Figure B.2 – Diagramme de la mesure de S_{11} et S_{12}, et de S_{22} et S_{21}, lorsque le générateur et la charge sont permutés 155

Figure B.3 – Schéma de principe pour la détermination de la perte d'insertion $A_1(f)$ 157

Figure B.4 – Schéma de principe pour la détermination de la perte d'insertion $A_2(f)$ 157

Figure C.1 – Modèle de réseau pour les calculs de A_{ic} 162

Figure C.2 – Circuit équivalent au réseau de la Figure C.1 162

Figure C.3 – Définition des couplages mutuels, tensions aux bornes d'alimentation et courants dans les antennes, pour les antennes situées au-dessus du plan réfléchissant et pour leurs images 163

Figure C.4 – Combinaison en cascade des symétriseurs et du réseau à deux accès de l'emplacement 171

Figure C.5 – Organigramme présentant la manière d'obtenir le SIL en combinant les paramètres S mesurés du symétriseur et les paramètres S calculés par le NEC du réseau à deux accès de l'emplacement 173

Figure F.1 – Uniformité du champ à des hauteurs comprises entre 1 m et 2,6 m, normalisée en fonction du champ à 1,8 m de haut. Antenne monoconique à gamme de 15 m 189

Figure F.2 – Moyenne des hauteurs, SAM, B.4.2 de la CISPR 16-1-6:2014 190

Tableau 1 – Récapitulatif des méthodes de validation d'emplacement par numéro de paragraphe 101

Tableau 2 – Tolérances maximales pour d = 10 m 111

Tableau 3 – Données de fréquence et de hauteur d'antenne de réception fixe pour les mesures du SIL aux 24 fréquences, avec h_t = 2 m et d = 10 m [spécifiés en 4.4.2.3 et 4.4.2.4] 114

Tableau 4 – Pas de fréquence RSM 118

Tableau 5 (informatif) – Hauteurs d'antenne pour les mesures du SIL 119

Tableau 6 – Montage de l'antenne pour la mesure du SIL de l'emplacement d'étalonnage à l'aide d'antennes doublets résonantes à polarisation horizontale (voir 4.4.4 pour le SIL à 250 MHz et 300 MHz) 124

Tableau 7 – Hauteurs d'antenne 125

Tableau 8 – Exemple de budget d'incertitude de mesure du SIL entre deux antennes unipolaires 130

Tableau 9 – Exemple de budget d'incertitude de mesure pour la méthode de validation de la FAR à 1 GHz et au-dessus 136

Tableau 10 – Exemple de budget d'incertitude de mesure de la méthode de validation d'emplacement de 6.1.1 141

Tableau 11 – Tolérances maximales pour le montage de validation à d = 10 m 145

Tableau A.1 – Exemple d'antennes doublets calculés de longueur fixe et de la subdivision de leur gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 1 000 MHz 147

Tableau A.2 – Hauteurs et fréquences centrales de l'antenne de réception 150

Tableau C.1 – Exemple de calcul numérique (analytique) de L_a, A_{ic} (voir C.1.4.2) 166

Tableau C.2 – Exemple de calcul numérique (analytique) de ΔA_t (voir C.1.4.3) 168

Tableau C.3 – Exemple de calcul numérique (analytique) de h_{rc} et Δh_{rt} 169

Tableau C.4 – Exemple de calcul numérique (analytique) de f_c et Δf_t 169

Tableau C.5 – Exemple de calcul par la méthode des moments de A_{ic} pour la polarisation verticale h_t = 2 m, à l'exception de h_t = 2,75 m à 30 MHz, 35 MHz et 40 MHz 176

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

_____

SPÉCIFICATION 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

AVANT-PROPOS

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

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

Cette version consolidée de la CISPR 16-1-5 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2014-12) [documents CISPR/A/1086A/FDIS et CISPR/A/1097/RVD] et son amendement 1 (2016-12) [documents CISPR/A/1183/FDIS et CISPR/A/1198/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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

La Norme internationale CISPR 16-1-5 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique.*

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

– des méthodes de validation d'autres emplacements couverts dans le CISPR 16-1-6 sont ajoutées;

– des tailles de pas plus petites sont spécifiées pour les mesures par balayage de fréquence;

– la dimension minimale du plan de sol a été augmentée;

– d'autres améliorations techniques et éditoriales diverses sont incluses.

Une liste de toutes les parties du CISPR 16, présentées 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.

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

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 l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme décrit les procédures de validation des emplacements d'étalonnage (calibration test site, CALTS, en anglais) utilisés pour étalonner les antennes dans la gamme de fréquences comprise entre 5 MHz et 18 GHz. Les procédures d'étalonnage d'antenne associées sont décrites dans la CISPR 16-1-6.

Compte tenu des problèmes liés à la suppression des réflexions sur le sol dans la gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 200 MHz, la principale fonction d'un plan de sol réfléchissant concerne l'étalonnage d'antennes doublets, biconiques et hybrides sur la gamme de fréquences pour lesquelles leurs caractéristiques de plan H sont uniformes. Le facteur d'antenne en espace libre, F_a, des antennes doublets peut être mesuré dans un environnement en espace libre au-dessus de 200 MHz. Compte tenu de la difficulté à réduire les réflexions des objets entourant une antenne, et en particulier la surface du sol, un plan de sol métallique plat est utilisé pour assurer la reproductibilité des résultats et permettre d'éliminer précisément et de manière mathématique le signal réfléchi sur le sol.

Les exigences de construction d'un CALTS sont données à l'Annexe A. Les spécifications et procédures de validation d'un CALTS sont données à l'Article 4. Le moyen le plus précis de valider un CALTS consiste à utiliser des antennes doublets calculées, qui sont à la base de la procédure de validation présentée dans cette Norme. Les principes de conception des antennes calculées sont donnés à l'Annexe B, et la théorie et les méthodes de calcul de l'affaiblissement d'insertion de l'emplacement (SIL) sont données à l'Annexe C et à l'Annexe D.

Les procédures de validation des autres emplacements d'étalonnage d'antenne sont données de l'Article 5 à l'Article 7. Si une méthode d'étalonnage d'antenne utilise la réflexion sur le sol, un CALTS est exigé. Les méthodes de validation sont résumées au Tableau 1 avec une référence aux méthodes d'étalonnage d'antenne associées dans le CISPR 16-1-6.

Toutes les méthodes de validation d'emplacement impliquent de mesurer l'affaiblissement d'insertion de l'emplacement entre deux antennes. Il est essentiel que des réflexions provenant de supports d'antenne ne compromettent pas outre mesure la validation de l'emplacement lui-même. Voir A.3 pour les lignes directrices connexes.

Tableau 1 – Récapitulatif des méthodes de validation d'emplacement par numéro de paragraphe

Emplacement(s) d'étalonnage		Méthode(s) de validation CISPR 16-1-5 Paragraphe	Méthode(s) d'étalonnage CISPR 16-1-6:2014 Paragraphe	Gamme de fréquences MHz	Type(s) d'antenne	Polarisation	Notes
1	CALTS pour les unipolaires	4.10	G.1	5 à 30	Unipolaire	PV	Avec une tolérance de ± 1 dB
2	CALTS ou SAC[a]	4, 7.2	8,4	30 à 1 000	Biconique, LPDA, hybride	PH	SSM
3	CALTS ou SAC	4	9.2.2	30 à 300	Biconique, hybride, doublet	PH ou PV	Grande hauteur ou avec absorbant au sol
4	FAR	5.3.2	9.2.2	30 à 300 60 à 1 000	Biconique, hybride, doublet Biconique, doublet	PH	
5	REFTS CALTS	4.7 4.9	9,3	30 à 300	Biconique, hybride	PV	
6	Espace libre	6.1	9.4.2 9.4.3	200 à 18 000	LPDA, hybride, cornet	PV	PH avec hauteur plus importante
7	Espace libre	6.2	9.4.4	200 à 18 000	LPDA, hybride, cornet	PV (ou PH)	Avec absorbant au sol
8	FAR	5.2.2 5.3.3	9,5	1 000 à 18 000	Cornet, LPDA	PH ou PV	
9	FAR	5.3.2	9.2 et 9.4	140 à 1 000	LPDA, hybride	PH ou PV	
10	CALTS	4.6	B.4, B.5	30 à 300	Biconique, doublet	PH	
11	Transfert de propriétés d'un emplacement validé vers un emplacement non validé par les méthodes d'autres articles	7.1 (à l'exclusion de la 5.3 FAR)	A.9.4	30 et au-dessus	Tous, sauf l'unipolaire ou la boucle	PH ou PV	Utilisé principalement pour la SAM et la FAR, pour les types d'antenne et les fréquences particuliers, sauf 5.3

[a] Un CALTS est bien spécifié comme étant dépourvu d'obstacles réfléchissants, et si les supports d'antenne présentent des réflexions négligeables, le plan de sol lui-même est susceptible de donner des résultats conformes aux performances théoriques supérieures à 0,5 dB. Toutefois, s'agissant d'une Chambre Semi Anechoique (SAC), il est important que l'ensemble du critère d'acceptation admis de 1 dB ne soit pas repris par les réflexions murales, ne laissant aucune latitude à d'autres composantes d'incertitude, telles que la réduction des réflexions provenant des mâts et des câbles.

SPÉCIFICATION 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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les exigences relatives aux emplacements d'étalonnage dans la gamme de fréquences comprise entre 5 MHz et 18 GHz utilisée pour étalonner l'antenne conformément à la CISPR 16-1-6. Elle spécifie également les exigences relatives aux emplacements d'essai de référence (REFTS) utilisés pour valider les emplacements d'essais de conformité (COMTS) dans la gamme de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz conformément à la CISPR 16-1-4.

Elle a le statut de Norme fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique.*

Les spécifications de l'instrumentation de mesure sont données dans la CISPR 16-1-1 [1][1] et la CISPR 16-1-4. Des informations supplémentaires et générales sur les incertitudes sont données dans la CISPR 16-4 [3], qui peut également être utile pour établir les estimations de l'incertitude pour les processus d'étalonnage des antennes et les mesures de validation d'emplacement.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 16-1-4:2010, *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*
CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)*

---

[1] Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.