

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

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 – Mesurages des perturbations rayonnées



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

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 – Mesurages des perturbations rayonnées

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-7143-8

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.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

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 – Mesurages des perturbations rayonnées

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION to Amendment 1	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms, definitions and abbreviations	13
3.1 Terms and definitions.....	13
3.2 Abbreviated terms.....	19
4 Types of disturbance to be measured	20
4.1 General.....	20
4.2 Types of disturbance.....	20
4.3 Detector functions.....	21
5 Connection of measuring equipment.....	21
6 General measurement requirements and conditions	21
6.1 General.....	21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test.....	22
6.2.1 General	22
6.2.2 Compliance (conformity assessment) testing.....	22
6.3 Measurement of continuous disturbance	22
6.3.1 Narrowband continuous disturbance.....	22
6.3.2 Broadband continuous disturbance.....	22
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers.....	22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions.....	22
6.4.1 General arrangement of the EUT	22
6.4.2 Operation of the EUT.....	25
6.4.3 EUT time of operation.....	25
6.4.4 EUT running-in time.....	25
6.4.5 EUT supply.....	25
6.4.6 EUT mode of operation.....	25
6.4.7 Operation of multifunction equipment.....	25
6.4.8 Determination of arrangement(s) causing maximum emissions	26
6.4.9 Recording of measurements	26
6.5 Interpretation of measuring results.....	26
6.5.1 Continuous disturbance	26
6.5.2 Discontinuous disturbance.....	27
6.5.3 Measurement of the duration of disturbance	27
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance.....	27
6.6.1 General	27
6.6.2 Minimum measurement times	27
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers.....	28
6.6.4 Scan times for stepping receivers	29
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	30
6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments.....	33
7 Measurement of radiated disturbances	36
7.1 ~~Introductory remarks~~ General.....	36
7.1.1 General remarks and overview of test methods.....	37

7.1.2	Overview of maximum EUT volumes depending on measurement method, frequency range, and measurement distance	38
7.2	Loop-antenna system measurements (9 kHz to 30 MHz)	40
7.2.1	General	40
7.2.2	General measurement method	41
7.2.3	Test environment	42
7.2.4	Configuration of the equipment under test	42
7.2.5	Measurement uncertainty for LLAS	43
7.3	Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (30 MHz to 1 GHz)	43
7.3.1	Measurand	43
7.3.2	Test site requirements	46
7.3.3	General measurement method	46
7.3.4	Measurement distance	47
7.3.5	Antenna height variation	48
7.3.6	Product specification details	48
7.3.7	Measurement instrumentation	50
7.3.8	Field-strength measurements on other outdoor sites	50
7.3.9	Measurement uncertainty for OATS and SAC	50
7.4	Fully-anechoic room measurements (30 MHz to 1 GHz)	50
7.4.1	Test set-up and site geometry	50
7.4.2	EUT position	53
7.4.3	Cable layout and termination	54
7.4.4	Measurement uncertainty for FAR	55
7.5	Radiated emission measurement method (30 MHz to 1 GHz) and radiated immunity test method (80 MHz to 1 GHz) with common test set-up in semi-anechoic chamber	55
7.5.1	Applicability	55
7.5.2	EUT perimeter definition and antenna-to-EUT separation distance	55
7.5.3	Uniform test volume	56
7.5.4	Specifications for EUT set-up in common emissions/immunity test set-up	57
7.5.5	Measurement uncertainty for common emission/immunity set-up and method	63
7.6	Fully-anechoic room and absorber-lined OATS/SAC measurements (1 GHz to 18 GHz)	63
7.6.1	Quantity to measure Measurand	63
7.6.2	Measurement distance	64
7.6.3	Set-up and operating conditions of the equipment under test (EUT)	64
7.6.4	Measurement site	65
7.6.5	Measurement instrumentation	65
7.6.6	Measurement procedure	66
7.6.7	Measurement uncertainty for FAR	74
7.7	<i>In situ</i> measurements (9 kHz to 18 GHz)	74
7.7.1	Applicability of and preparation for <i>in situ</i> measurements	74
7.7.2	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range 9 kHz to 30 MHz	75
7.7.3	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range above 30 MHz	76
7.7.4	<i>In situ</i> measurement of the disturbance effective radiated power using the substitution method	77

7.7.5	Documentation of the measurement results	81
7.7.6	Measurement uncertainty for <i>in situ</i> method.....	81
7.8	Substitution measurements (30 MHz to 18 GHz)	81
7.8.1	General	81
7.8.2	Test site	81
7.8.3	Test antennas.....	82
7.8.4	EUT configuration.....	82
7.8.5	Test procedure	83
7.8.6	Measurement uncertainty for substitution method	83
7.9	Reverberation chamber measurements (80 MHz to 18 GHz)	83
7.10	TEM waveguide measurements (30 MHz to 18 GHz).....	83
7.11	Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (9 kHz to 30 MHz)	83
7.11.1	Measurand	83
7.11.2	Test site requirements	84
7.11.3	General measurement method.....	84
7.11.4	Measurement distance and EUT dimensions.....	86
7.11.5	Antenna height	86
7.11.6	Product standard specification details.....	87
7.11.7	Measurement uncertainty for OATS and SAC.....	87
7.11.8	Field strength measurements at other sites	87
8	Automated measurement of emissions	88
8.1	Introduction – Precautions for automated measurements	88
8.2	Generic measurement procedure	88
8.3	Pre-scan measurements	89
8.3.1	General	89
8.3.2	Determination of the required measurement time	89
8.3.3	Pre-scan requirements for different types of measurements.....	89
8.4	Data reduction	90
8.5	Emission maximization and final measurement	91
8.6	Post-processing and reporting	92
8.7	Emission measurement strategies with FFT-based measuring instruments	92
Annex A (informative)	Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions	93
A.1	General.....	93
A.2	Terms and definitions.....	93
A.3	Problem description	93
A.4	Proposed solution	93
A.4.1	Overview	93
A.4.2	Pre-testing the EUT in a shielded room	96
A.4.3	Method of measurement of EUT disturbances in the presence of narrowband ambient emissions.....	97
A.4.4	Method of measurement of EUT disturbance in the presence of broadband ambient emissions	100
A.5	Determination of the EUT disturbance in case of superposition	102
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	107
B.1	General.....	107
B.2	Overload.....	107
B.3	Linearity test.....	107

B.4	Selectivity	107
B.5	Normal response to pulses	107
B.6	Peak detection	107
B.7	Frequency scan rate	108
B.8	Signal interception	108
B.9	Average detection	108
B.10	Sensitivity	108
B.11	Amplitude accuracy	109
Annex C (informative) Scan rates and measurement times for use with the average detector		110
C.1	Purpose	110
C.2	Suppression of disturbances	110
C.2.1	Suppression of impulsive disturbance	110
C.2.2	Suppression of impulsive disturbance by digital averaging	111
C.2.3	Suppression of amplitude modulation	111
C.3	Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances	111
C.4	Recommended procedure for automated or semi-automated measurements	113
Annex D (informative) Explanation of the APD measurement method applying to the compliance test		114
Annex E (normative) Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests		116
Annex F (informative) Background for EUT-volume specifications depending on measurement distance and frequency range		117
F.1	General	117
F.2	Criterion 1 – Limitation of field-strength underestimations due to a large ratio of EUT volume diameter-to-measurement distance for short-distance measurements	117
F.2.1	General	117
F.2.2	9 kHz to 30 MHz	117
F.2.3	30 MHz to 1 000 MHz	118
F.2.4	1 GHz to 18 GHz	118
F.3	Criterion 2 – Limitation due to near-field effects	119
F.3.1	General	119
F.3.2	9 kHz to 30 MHz	119
F.3.3	30 MHz to 1 000 MHz	119
F.3.4	1 GHz to 18 GHz	121
F.4	Criterion 3 – Limitation due to receive antenna beamwidth	122
F.4.1	General	122
F.4.2	9 kHz to 30 MHz	122
F.4.3	30 MHz to 1 000 MHz	122
F.4.4	1 GHz to 18 GHz	124
F.5	Criterion 4 – Limitation due to the results of test site validation	127
F.5.1	General	127
F.5.2	9 kHz to 30 MHz	127
F.5.3	30 MHz to 1 000 MHz	127
F.5.4	1 GHz to 6 GHz or to 18 GHz	127
Bibliography		128

Figure 1 – Measurement of a combination of a CW signal (NB) and an impulsive signal (BB) using multiple sweeps with maximum hold	30
Figure 2 – Example of a timing analysis	31
Figure 3 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver	32
Figure 4 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum.....	33
Figure 5 – FFT scan in segments	35
Figure 6 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	36
Figure 7 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system	42
Figure 8 – Measurement distance	44
Figure 9 – Separation distance relative to the phase centre of an LPDA antenna	46
Figure 10 – Concept of electric field strength measurements made on an open-area test site (OATS) or semi-anechoic chamber (SAC) showing the direct and reflected rays arriving at the receiving antenna	47
Figure 11 – Position of CMAD for table-top equipment on OATS or in SAC	50
Figure 12 – Typical FAR site geometry, where a , b , c , e depend upon the room performance	51
Figure 13 – Typical test set-up for table-top equipment within the test volume of a FAR	52
Figure 14 – Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR	53
Figure 15 – Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)	56
Figure 16 – Test set-up for table-top equipment	60
Figure 17 – Test set-up for table-top equipment – Top view	61
Figure 18 – Test set-up for floor-standing equipment	62
Figure 19 – Test set-up for floor-standing equipment – Top view	63
Figure 20 – Measurement method above 1 GHz, receive antenna in vertical polarization	67
~~Figure 21 – Illustration of height scan requirements for two different categories of EUTs~~	~~67~~
Figure 22 – Determination of the transition distance	80
Figure 23 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration	82
Figure 25 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for table-top EUT	85
Figure 26 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for floor-standing EUT	85
Figure 27 – Feed point location	86
Figure 24 – Process to give reduction of measurement time	88
Figure A.1 – Flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection	95
Figure A.2 – Relative difference in adjacent emission amplitudes during preliminary testing	97
Figure A.3 – Disturbance by an unmodulated signal (dotted line)	98
Figure A.4 – Disturbance by an amplitude-modulated signal (dotted line).....	98
Figure A.5 – Indication of an amplitude-modulated signal as a function of modulation frequency with the QP detector in CISPR bands B, C and D	99

Figure A.6 – Indication of a pulse-modulated signal (pulse width 50 μ s) as a function of pulse repetition frequency with peak, QP and average detectors.....	100
Figure A.7 – Disturbance by a broadband signal (dotted line)	100
Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line).....	101
Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line).....	102
Figure A.10 – Increase of peak value with superposition of two unmodulated signals.....	103
Figure A.11 – Determination of the amplitude of the disturbance signal by means of the amplitude ratio d and the factor i (see Equation (A.3) and Equation (A.6))	104
Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8).....	105
Figure C.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 160 ms	112
Figure C.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 100 ms.....	112
Figure C.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms	113
Figure C.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms	113
Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances	114
Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances	115
Figure F.1 – Comparison of field strength given by Equation (C.17) of CISPR 16-1-6:2014 versus near-field region given by Equation (C.31) of CISPR 16-1-6:2014	121
Figure F.2 – Deviation of near-field AFs from free space AFs of a biconical antenna (from Figure C.5.b) of CISPR 16-1-6:2014)	121
Figure F.3 – Radius r of the test volume for a given distance d and antenna beamwidth of 60°	123
Figure F.4 – Effect of antenna directivity	124
Figure F.5 – HPBW (E-plane/H-plane) of a V-type LPDA antenna	124
Figure F.6 – Measuring receiver with external preamplifier	125
Figure F.7 – Noise level E_{Nlinav} (example for $10\lg F_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the linear average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 6 GHz	126
Figure F.8 – Noise level E_{Nlogav} (example for $10\lg F_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the logarithmic average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 18 GHz	127
Table 1 – Minimum measurement times for the four CISPR bands	27
Table 2 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors	28
~~Table 3 – Applicable frequency ranges and document references for CISPR radiated emission test sites and test methods.....~~	~~28~~
~~Table 4 – Minimum dimension of w (w_{min}).....~~	~~28~~
Table 8 – Applicable frequency ranges and document references for CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods.....	38
Table 9 – Maximum EUT dimensions for different LLAS diameters, 9 kHz to 30 MHz	39
Table 10 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and outdoor site, 9 kHz to 30 MHz.....	39

Table 11 – Maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and FAR, 30 MHz to 1 000 MHz.....	40
Table 12 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m) – for reduced near-field uncertainty; absorber-lined OATS/SAC and FAR, 1 GHz to 18 GHz	40
Table 5 – Example values of w for three antenna types.....	69
Table 6 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency.....	80
Table 7 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception (for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz	90
Table A.1 – Combinations of EUT disturbance and ambient emissions.....	94
Table A.2 – Measurement error depending on the detector type and on the combination of ambient and disturbing signal spectra	106
Table C.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth.....	111
Table C.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and minimum scan times	112
Table E.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals.....	116
Table F.1 – Maximum EUT volume diameters ($D_{\max}$) and heights ($h_{\max}$) per Formula (F.1) for various measurement distances (d)	120

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

**Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity –
Radiated disturbance measurements**

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

CISPR 16-2-3 edition 4.2 contains the fourth edition (2016-09) [documents CISPR/A/1176A/FDIS and CISPR/A/1182/RVD], its amendment 1 (2019-06) [documents CISPR/A/1278/FDIS and CISPR/A/1283/RVD] and its amendment 2 (2023-06) [documents CIS/A/1391/FDIS and CIS/A/1397/RVD].

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

International Standard CISPR 16-2-3 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

This fourth edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical change with respect to the previous edition: addition of content on correction of the electric field strength to account for phase centre of log-periodic dipole array antennas.

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

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

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

The committee has decided that the contents of this document and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

INTRODUCTION to Amendment 1

Amendment of CISPR 16-2-3 regarding EUT volume specifications for radiated disturbance measurements depending on test method and on measurement distance

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the methods of measurement of radiated disturbance phenomena in the frequency range of 9 kHz to 18 GHz. The aspects of measurement uncertainty are specified in CISPR 16-4-1 and CISPR 16-4-2.

NOTE In accordance with IEC Guide 107 [13]¹, CISPR 16-2-3 is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its subcommittees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

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 14-1:2016, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

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

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CISPR 16-1-4:2019, *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 16-1-4:2019/AMD1:2020

CISPR 16-1-4:2019/AMD2:2023

CISPR 16-2-1:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*

CISPR TR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

CISPR 16-4-2:2011², *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*

CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014

CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018

CISPR TR 16-4-5, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-5: Uncertainties, statistics and limit modelling – Conditions for the use of alternative test methods*

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

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

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

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161, as well as the following apply.

3.1.1

absorber-lined OATS/SAC

OATS or SAC with ground plane partially covered by RF-energy absorbing material

Note 1 to entry: CISPR 16-1-4 uses the analogous term free-space open-area test site (FSOATS).

3.1.2

ancillary equipment

transducers (e.g. current and voltage probes and artificial networks) connected to a measuring receiver or (test) signal generator and used in the disturbance signal transfer between the EUT and the measuring or test equipment

3.1.3

antenna beam

main lobe of the antenna pattern (gain pattern) of the receive antenna (usually the direction with maximum sensitivity or lowest antenna factor) that is directed towards the EUT

3.1.4

antenna beamwidth

angle between the half-power (3 dB) points of the main lobe of the antenna beam, when referenced to the maximum power of the main lobe

Note 1 to entry: It may be expressed for the *H* plane or for the *E* plane of the antenna.

Note 2 to entry: Antenna beamwidth is expressed in degrees.

² A consolidated version of this publication exists, comprising CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018.

3.1.5
associated equipment
AE

apparatus, that is not part of the system under test, but needed to help exercise the EUT

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.6
auxiliary equipment
AuxEq

peripheral equipment that is part of the system under test

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.7
basic standard

standard that has a wide-ranging coverage or contains general provisions for one particular field

Note 1 to entry: A basic standard may function as a standard for direct application or as a basis for other standards.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:1991, definition 5.1 [6]]

3.1.8
coaxial cable

cable containing one or more coaxial lines, typically used for a matched connection of ancillary equipment to the measuring equipment or (test-) signal generator providing a specified characteristic impedance and a specified maximum allowable cable transfer impedance

3.1.9
common-mode absorption device
CMAD

device that may be applied on cables leaving the test volume in radiated emission measurements to reduce the compliance uncertainty

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: CISPR 16-1-4:2010, 3.1.4, 3.1.7]

3.1.10
conformity assessment

demonstration that specified requirements relating to a product, process, system, person or body are fulfilled

Note 1 to entry: The subject field of conformity assessment includes activities defined elsewhere in ISO/IEC 17000:2004 [7], such as testing, inspection and certification, as well as the accreditation of conformity assessment bodies.

[SOURCE: ISO/IEC 17000:2004, 2.1, modified – Note 2 has been deleted.]

3.1.11
continuous disturbance

RF disturbance with duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver that causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode, and that does not decrease immediately

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-11, modified – The definition has been changed.]

3.1.12

emission

<electromagnetic> phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.13

emission limit

<from a disturbing source> specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.14

equipment under test

EUT

equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission) compliance (conformity assessment) tests

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.15

fully-anechoic room

FAR

enclosure, whose six internal surfaces are lined with radio-frequency absorbing material (i.e. RF absorber) that attenuates electromagnetic energy in the frequency range of interest

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.16

large loop-antenna system

LLAS

antenna system consisting of three orthogonally-oriented loop antennas that are used to measure the three orthogonal magnetic dipole moments of an EUT located in the centre of the three loops

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.17

measurement, scan and sweep times

3.1.17.1

measurement time

T_m

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope,
- for the average detector, the effective time to average the signal envelope,
- for the rms detector, the effective time to determine the rms of the signal envelope

Note 1 to entry: In some areas "measurement time" is also called dwell time.

3.1.17.2

scan

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

3.1.17.3

span

Δf

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

3.1.17.4

sweep

continuous frequency variation over a given frequency span

3.1.17.5

sweep or scan rate

frequency span divided by the sweep or scan time

3.1.17.6

sweep or scan time

T_s

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

3.1.17.7

observation time

T_o

sum of measurement times T_m on a certain frequency in case of multiple sweeps

Note 1 to entry: If n is the number of sweeps or scans, then $T_o = n \times T_m$.

3.1.17.8

total observation time

T_{tot}

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps)

Note 1 to entry: If c is the number of channels within a scan or sweep, then $T_{tot} = c \times n \times T_m$.

3.1.18

measuring receiver

instrument such as a tunable voltmeter, an EMI receiver, a spectrum analyzer or an FFT-based measuring instrument, with or without preselection, that complies with CISPR 16-1-1

3.1.19

number of sweeps per time unit

n_s

reciprocal of the sum of sweep time and retrace time, i.e. $1/(\text{sweep time} + \text{retrace time})$

Note 1 to entry: Sweeps per second, for example.

3.1.20

open-area test site

OATS

facility for measurements and calibrations in which the ground reflection is made reproducible by a large flat electrically conducting ground plane

Note 1 to entry: An OATS can be used for radiated disturbance measurements, where it is also designated as a COMTS. An OATS can also be used for antenna calibrations, where it is designated as a CALTS.

Note 2 to entry: An OATS is an uncovered outdoor site, and is far enough away from buildings, electric lines, fences, trees, underground cables, pipelines, and other potentially reflective objects, so that the effects due to such objects are negligible. See CISPR 16-1-4 for guidance on the construction of an OATS.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.21

product standard

standard that specifies requirements to be fulfilled by a product or group of products, to establish its fitness for purpose

Note 1 to entry: A product standard may include, in addition to the fitness for purpose requirements, directly or by reference, aspects such as terminology, sampling, testing, packaging and labelling and, sometimes, processing requirements.

Note 2 to entry: A product standard can either be complete or not, according to whether it specifies all or only a part of the necessary requirements. In this respect, one may differentiate between standards such as dimensional, material and technical delivery standards.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:2004, definition 5.4 [6]]

3.1.22

semi-anechoic chamber

SAC

shielded enclosure in which five of the six internal surfaces are lined with radio-frequency absorbing material (i.e. RF absorber) that attenuates electromagnetic energy in the frequency range of interest, and the bottom horizontal surface is a conducting ground plane for use with OATS test set-ups

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.23

test configuration

combination that gives the specified measurement arrangement of the EUT in which an emission level is measured

3.1.24

weighting

pulse-repetition-frequency (PRF) dependent conversion (mostly reduction) of a peak-detected impulse voltage level to an indication that corresponds to the interference effect on radio reception

Note 1 to entry: For the analogue receiver, the psychophysical annoyance of the interference is a subjective quantity (audible or visual) usually not a certain number of misunderstandings of a spoken text.

Note 2 to entry: For the digital receiver, the interference effect is an objective quantity that may be defined by the critical bit error ratio (BER) or bit error probability (BEP) for that perfect error correction can still occur or by another, objective and reproducible parameter.

Note 3 to entry: Weighting of impulsive disturbance, for example.

3.1.24.1

weighted disturbance measurement

measurement of disturbance using a weighting detector

3.1.24.2

weighting characteristic

peak voltage level as a function of PRF for a constant effect on a specific radiocommunication system, i.e. the disturbance is weighted by the radiocommunication system itself

3.1.24.3

weighting detector

detector that provides an agreed weighting function

3.1.24.4

weighting factor

value of the weighting function relative to a reference PRF or relative to the peak value

Note 1 to entry: Weighting factor is expressed in dB.

3.1.24.5

weighting function or weighting curve

relationship between input peak voltage level and PRF for constant level indication of a measuring receiver with a weighting detector, i.e. the curve of response of a measuring receiver to repeated pulses

3.1.25

measurement

process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity

[SOURCE: 2.1 of ISO/IEC Guide 99:2007 [9]³, modified – Notes 1 to 3 have been deleted.]

3.1.26

test

technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure

Note 1 to entry: A test is carried out to measure or classify a characteristic or a property of an item by applying to the item a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13 [10]]

3.1.27

highest internal frequency

highest frequency generated or used within the EUT or the highest frequency at which the EUT operates or tunes

3.1.28

module

part of an EUT that provides a function and may contain radio-frequency sources

3.1.29

compliance test site

COMTS

environment that assures valid, reproducible measurement results of the disturbance field strength from equipment under test for comparison to a compliance limit

3.1.30

far-field region

region of the electromagnetic field of a radiating EUT or antenna where the predominant components of the field represent a propagation of energy and where the radiation pattern is essentially independent of the distance from the radiating EUT or antenna

Note 1 to entry: In the far-field region, all the components of the electromagnetic field change with an inverse proportion to the distance from the radiating EUT or antenna.

[SOURCE: IEC 60050-712:1992 [14], 712-02-02, modified – Replacement of "far field region" by "far-field region" in the term itself, replacement of "antenna" by "radiating EUT or antenna", replacement of "angular field distribution" by "radiation pattern" and deletion of Note 2 to entry.]

3.1.31

near-field effect

deviation of the field propagation from far-field propagation

³ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

Note 1 to entry: The near-field effect occurs in the zone close to the EUT where reactive (non-radiating) field-strength components exist. Although not contributing to far-field radiation, they are real measurable field strengths.

Note 2 to entry: A criterion can be set to limit the deviation from far-field propagation, e.g. 1 dB. If E_1 and E_2 are field-strength levels in dB(μ V/m) at distances d_1 and d_2 from an EUT, then e.g. the following inequality describes the criterion: $(20\lg(d_2/d_1) - 1 \text{ dB}) \leq (E_1 - E_2) \leq (20\lg(d_2/d_1) + 1 \text{ dB})$, which can be reduced to $-1 \text{ dB} \leq [(E_1 - E_2) - 20\lg(d_2/d_1)] \leq 1 \text{ dB}$, where $(E_1 - E_2) \geq 6 \text{ dB}$.

3.1.32

test volume

validated volume within a test facility in which an EUT may be positioned

Note 1 to entry: Validation procedures in CISPR 16-1-4 are used to determine the test volume.

Note 2 to entry: The test volume as defined in this document is cylindrical in shape. Different test volume shapes have been defined in other documents, e.g. in a cubic form in IEC 61000-4-20 (TEM waveguides).

3.1.33

EUT volume

cylinder defined by EUT boundary diameter and height that fully encompasses all portions of the actual EUT, including cable racks and 1,6 m of cable length (for 30 MHz to 1 GHz), or 0,3 m of cable length (for 1 GHz and above)

Note 1 to entry: The test volume is one of several criteria limiting the EUT volume.

Note 2 to entry: The EUT volume has a diameter D (boundary diameter) and a height h .

3.1.34

protection distance

distance between the source of a radiated disturbance and the victim receiver at the edge-of-service area used for the derivation of a specific CISPR radiated disturbance limit

Note 1 to entry: The edge-of-service area is defined by the minimum value of the wanted field strength of a radio service or application derived from ITU-R specifications.

Note 2 to entry: This definition can vary in other publications, when conducted disturbances are concerned.

Note 3 to entry: Every limit has an associated protection distance; the protection distance can vary with frequency.

3.1.35

small EUT

equipment under test, including its cables, either positioned on a tabletop or standing on the floor, that fits in a cylindrical volume of 1,5 m (2,0 m) in diameter and 1,5 m (2,0 m) in height measured from the floor with a measurement distance of 3 m (5 m) at an OATS/SAC

3.1.36

feed point of a shielded loop antenna

location of the slit in the shielding of a loop antenna

Note 1 to entry: The feed point of a shielded loop antenna is important for a correct set-up. The location of the feed point has an influence on the site insertion loss between two magnetic field antennas [24], [25].

3.2 Abbreviated terms

The following abbreviations, not already provided in 3.1 are used in this standard.

AF	Antenna factor
AM	Amplitude modulation
APD	Amplitude probability distribution
AV	Average
BB	Broadband

CW	Continuous wave
FFT	Fast-Fourier transform
FM	Frequency modulation
FSOATS	free-space OATS
GP	ground plane
HPBW	Half-power beamwidth
IF	Intermediate frequency
ISM	Industrial, scientific or medical
LPDA	Log-periodic dipole array
NB	Narrowband
NSA	Normalized site attenuation
PRF	Pulse repetition frequency
RBW	Resolution bandwidth
RE	radiated emission
RF	Radio frequency
~~RGP~~	~~Reference ground plane~~
RI	radiated immunity
QP	Quasi-peak
TEM	Transverse electromagnetic
UFA	Uniform field area
VBW	Video bandwidth

4 Types of disturbance to be measured

4.1 General

This clause describes the classification of different types of disturbance and the detectors appropriate for their measurement.

4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical⁴ reasons, dependent on the spectral distribution, measuring receiver bandwidth, the duration, rate of occurrence, and degree of annoyance during the assessment and measurement of radio disturbance, distinction is made between the following types of disturbance:

- narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth in contrast to b);
- broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which have a repetition frequency that is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and

⁴ Psychophysical means psychological relationship between physical stimuli and sensory response.

- c) *broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

The frequency spectra of items b) and c) are characterized by having a continuous spectrum in the case of individual (single) impulses and a discontinuous spectrum in case of repeated impulses, both spectra being characterized by having a frequency range that is wider than the bandwidth of the measuring receiver specified in CISPR 16-1-1.

4.3 Detector functions

Depending on the types of disturbance, measurements may be carried out using a measuring receiver with:

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also useable for narrowband disturbance;
- c) an rms-average detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of the effect of impulsive disturbance to digital radio communication services but also useable for narrowband disturbance;
- d) a peak detector that may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

Measuring receivers incorporating these detectors are specified in CISPR 16-1-1.

5 Connection of measuring equipment

Concerning the connection of measuring equipment, measuring receivers and ancillary equipment such as antennas: the connecting cable between the measuring receiver and the ancillary equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver. The output of the ancillary equipment shall be terminated with the prescribed impedance.

6 General measurement requirements and conditions

6.1 General

Radio disturbance measurements shall be:

- reproducible, i.e. independent of the measurement location and environmental conditions, especially ambient noise; and
- free from interactions, i.e. the connection of the EUT to the measuring equipment shall influence neither the function of the EUT nor the accuracy of the measurement equipment.

These requirements may be met by observing the following conditions:

- a) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- b) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT.

6.2 Disturbance not produced by the equipment under test

6.2.1 General

The measurement signal-to-noise ratio with respect to ambient noise shall meet the following requirements. Should the ambient noise level exceed the required level, it shall be recorded in the test report.

6.2.2 Compliance (conformity assessment) testing

A **compliance** test site (**COMTS**) shall permit emissions from the EUT to be distinguished from ambient noise. The ambient noise level should preferably be 20 dB, but at least be 6 dB below the desired measurement level. For the 6 dB condition, the apparent disturbance level from the EUT is increased by up to 3,5 dB. The suitability of the site for the required ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the test unit in place but not operating.

When evaluating compliance with a limit, the ambient noise level is permitted to exceed the preferred –6 dB level provided that the level of both ambient noise and source emanation combined does not exceed the specified limit. The EUT is then considered to meet the limit. Further guidance on measurement of disturbances in the presence of ambient emissions is provided in Annex A.

6.3 Measurement of continuous disturbance

6.3.1 Narrowband continuous disturbance

The receiver shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation, and re-tuned if the frequency fluctuates.

6.3.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance whose level is not steady, the maximum reproducible measurement value shall be found. See 6.5.1 for further details.

6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

Spectrum analyzers and scanning receivers are useful for disturbance measurements, particularly in order to reduce measuring time. However, special consideration shall be given to certain characteristics of these instruments, which include overload, linearity, selectivity, normal response to pulses, frequency scan rate, signal interception, sensitivity, amplitude accuracy and peak, average and quasi-peak detection. These characteristics are considered in Annex B.

6.4 EUT arrangement and measurement conditions

The EUT shall be operated under the following conditions.

6.4.1 General arrangement of the EUT

6.4.1.1 General

Where not specified in the product standard, the EUT shall be configured as described below.

The EUT shall be installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. Where the manufacturer has specified or recommended an installation practice, that practice shall be used in the test arrangement, where possible. This arrangement shall be typical of normal installation practice. Interface cables, loads, and devices shall be connected to at least one of each type of interface port of the EUT and, where practical, each cable shall be terminated in a device typical of actual usage.

Where there are multiple interface ports of the same type, additional interconnecting cables, loads and devices may have to be added to the EUT depending upon the results of preliminary tests. Connecting a cable or wire to just one of that type of port may be sufficient. The actual number of additional cables or wires may be limited to the condition where the addition of another cable or wire does not significantly affect the emission level, i.e. varies less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report.

Interconnecting cables should be of the type and length specified in the individual equipment requirements. If the length can be varied, the length shall be selected to produce maximum disturbance.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a note shall be included in the instruction manual advising of the need to use such cables.

Excess lengths of cables shall be bundled at the approximate centre of the cable with the bundles 30 cm to 40 cm in length. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, the disposition of the excess cable shall be precisely noted in the test report.

The results of an evaluation of EUTs having one of each type of module can be applied to configurations having more than one of each of those modules. This is permissible because it has been found that disturbances from identical modules are generally not additive in practice. However, the 2 dB criteria defined in this clause shall be applied.

Any set of results shall be accompanied by a complete description of the cable and equipment orientation so that results can be reproduced. If specific conditions of use are required to meet the limits, those conditions shall be specified and documented; for example cable length, cable type, shielding and grounding. These conditions shall be included in the instructions to the user.

Equipment that is populated with multiple modules (drawer, plug-in card, board, etc.) shall be tested with a mix and number representative of that used in a typical installation. The number of additional boards or plug-in cards of the same type may be limited to the condition where the addition of another board or plug-in card does not significantly affect the emission level, i.e. varies less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale used for selecting the number and type of modules shall be stated in the test report.

A system that consists of a number of separate units shall be configured to form a minimum representative configuration. The number and mix of units included in the test configuration shall be representative of that used in a typical installation. The rationale used for selecting units shall be stated in the test report.

At least one module of each type shall be operative in each equipment evaluated in an EUT. For a system EUT, at least one of each type of equipment that can be included in the possible system configuration shall be included in the EUT.

The EUT position relative to the ~~RGP~~ GP shall be equivalent to that occurring in use. Therefore, floor-standing equipment is placed on, but insulated from, a ~~RGP~~ GP, and tabletop equipment is placed on a non-conductive table.

Equipment designed for wall-mounted or ceiling mounted operation shall be tested as tabletop EUT. The orientation of the equipment shall be consistent with normal installation practice.

Combinations of the equipment types identified above shall also be arranged in a manner consistent with normal installation practice. Equipment designed for both tabletop and floor standing operation shall be tested as tabletop equipment unless the usual installation is floor standing, then that arrangement shall be used.

The ends of signal cables attached to the EUT that are not connected to another unit or auxiliary equipment shall be terminated using the correct terminating impedance defined in the product standard.

Cables or other connections to associated equipment located outside the test area shall drape to the floor, and then be routed to the place where they leave the test volume.

Auxiliary equipment shall be installed in accordance with normal installation practice. Where this means that the auxiliary equipment is located on the test site, it shall be arranged using the same conditions applicable for the EUT (e.g distance from ground plane and insulation from the ground plane if floor standing, and layout of cabling).

6.4.1.2 Tabletop arrangement

Equipment intended for tabletop use shall be placed on a non-conductive table. The size of the table will nominally be 1,5 m by 1,0 m, but may ultimately be dependent on the horizontal dimensions of the EUT.

All units forming the system under test (including the EUT, connected peripherals and auxiliary equipment or devices) shall be arranged according to normal use. Where not defined in the normal use, a nominal 0,1 m separation distance between the neighbouring units shall be defined for the test arrangement.

Intra-unit cables shall be draped over the back of the table. If a cable hangs closer than 0,4 m to the horizontal ground plane (or floor), the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m, such that the bundle is at least 0,4 m above the horizontal ~~RGP~~ GP.

Cables shall be positioned as for normal usage.

If the mains port input cable is less than 0,8 m long, (including power supplies integrated in the mains plug) an extension cable shall be used such that the external power supply unit is placed on the tabletop. The extension cable shall have characteristics similar to the mains cable (including the number of conductors and the presence of a ground connection). The extension cable shall be treated as part of the mains cable.

In the above arrangements, the cable between the EUT and the power accessory shall be arranged on the tabletop in the same manner as other cables connecting components of the EUT.

6.4.1.3 Floor-standing arrangement

The EUT shall be placed on the horizontal ~~RGP~~ GP, orientated for normal use, but separated from metallic contact with the ~~RGP~~ GP by up to 15 cm of insulation.

The cables shall be insulated (by up to 15 cm) from the horizontal ~~RGP~~ GP. If the equipment requires a dedicated ground connection, then this shall be provided and bonded to the horizontal ground plane.

Intra-unit cables (between units forming the EUT or between the EUT and auxiliary equipment) shall drape to, but remain insulated from, the horizontal ~~RGP~~ GP. Any excess shall either be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m or arranged in a serpentine fashion. If an intra-unit cable length is not long enough to drape to the horizontal ~~RGP~~ GP but drapes closer than 0,4 m, then the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal ~~RGP~~ GP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal ~~RGP~~ GP.

For equipment with a vertical cable riser, the number of risers shall be typical of installation practice. Where the riser is made of non-conductive material, a minimum spacing of at least 0,2 m shall be maintained between the closest part of the equipment and the nearest vertical cable. Where the riser structure is conductive, the minimum spacing of 0,2 m shall be between the closest parts of the equipment and riser structure.

6.4.1.4 Combinations of tabletop and floor-standing equipment arrangement

Intra-unit cables between a tabletop unit and a floor standing unit shall have the excess folded into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal ~~RGP~~ GP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal ~~RGP~~ GP.

6.4.2 Operation of the EUT

The operating conditions of the EUT shall be determined by the manufacturer according to the typical use of the EUT with respect to the expected highest level of emission. The determined operational mode and the rationale for the selected operating conditions shall be stated in the test report.

The EUT shall be operated within the rated (nominal) operating voltage range and typical load conditions (mechanical or electrical) for which it is designed. Actual loads should be used whenever possible. If a simulator is used, it shall represent the actual load with respect to its radio frequency and functional characteristics.

The test programmes or other means of exercising the equipment should ensure that various parts of a system are exercised in a manner that permits detection of all system disturbances.

6.4.3 EUT time of operation

The time of operation shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking. In all other cases, the EUT shall be continuously operated throughout the test.

6.4.4 EUT running-in time

No specific running-in time, prior to testing, is given, but the EUT shall be operated for a sufficient period to ensure that the modes and conditions of operation are typical of those during the life of the equipment. For some EUTs, special test conditions may be prescribed in the relevant product standards.

6.4.5 EUT supply

The EUT shall be operated from a supply having the rated voltage of the EUT. If the level of disturbance varies considerably with the supply voltage, the measurements shall be repeated for supply voltages over the range of 0,9 to 1,1 times the rated voltage. EUTs with more than one rated voltage shall be tested at the rated voltage that causes maximum disturbance.

6.4.6 EUT mode of operation

The EUT shall be operated under practical conditions that cause the maximum disturbance at the measurement frequency.

6.4.7 Operation of multifunction equipment

Multifunction equipment which is subjected simultaneously to different clauses of a product standard, and/or different standards, shall be tested with each function operated in isolation, if this can be achieved without modifying the equipment internally. The equipment thus tested

shall be deemed to have complied with the requirements of all clauses and/or standards when each function has satisfied the requirements of the relevant clause and/or standard.

For equipment where it is not practical to test with each function operated in isolation, or where the isolation of a particular function would result in the equipment being unable to fulfil its primary function, or where the simultaneous operation of several functions would result in saving measurement time, the equipment shall be deemed to have complied if it meets the provisions of the relevant clause and/or standard with the necessary functions operated.

6.4.8 Determination of arrangement(s) causing maximum emissions

Initial testing shall identify the frequency that has the highest disturbance relative to the limit. This identification shall be performed while operating the EUT in typical modes of operation and with cable positions in a test arrangement that is representative of typical installation practice.

The frequency of highest disturbance with respect to the limit shall be found by investigating disturbances at a number of significant frequencies. This provides confidence that the probable frequency of maximum disturbance has been found and that the associated cable, EUT arrangement and mode of operation has been identified.

For initial testing, the EUT should be arranged in accordance with the product standards as appropriate.

6.4.9 Recording of measurements

Of those disturbances above ($L - 20$ dB), where L is the limit level in logarithmic units, the disturbance levels and the frequencies of at least the six highest disturbances shall be recorded.

For radiated disturbances, the antenna polarization and height for each reported disturbance shall be recorded.

6.5 Interpretation of measuring results

6.5.1 Continuous disturbance

- a) If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement. The highest readings shall be recorded, with the exception of any isolated clicks, which shall be ignored (see 4.4 of CISPR 14-1:2016).
- b) If the general level of the disturbance is not steady, but shows a continuous rise or fall of more than 2 dB in the 15 s period, then the disturbance voltage levels shall be observed for a further period and the levels shall be interpreted according to the conditions of normal use of the EUT, as follows:
 - 1) if the EUT is one that may be switched on and off frequently, or the direction of rotation of which can be reversed, then at each frequency of measurement the EUT should be switched on or reversed just before each measurement, and switched off just after each measurement. The maximum level obtained during the first minute at each frequency of measurement shall be recorded;
 - 2) if the EUT is one that in normal use runs for longer periods, then it should remain switched on for the period of the complete test, and at each frequency the level of disturbance shall be recorded only after a steady reading (subject to the provision that item a) has been obtained).
- c) If the pattern of the disturbance from the EUT changes from a steady to a random character part way through a test, then that EUT shall be tested in accordance with item b).
- d) Measurements are taken throughout the complete spectrum and are recorded at least at the frequency with maximum reading and as required by the relevant CISPR publication.

6.5.2 Discontinuous disturbance

There is currently no requirement for the measurement of radiated discontinuous disturbances.

6.5.3 Measurement of the duration of disturbance

The duration of a disturbance shall be known in order to measure it correctly and to determine if it is discontinuous. The duration of a disturbance may be measured in one of the following ways:

- through the connection of an oscilloscope to a measuring receiver's IF output to allow monitoring of the disturbance in the time-domain;
- through the tuning of either an EMI receiver or a spectrum analyzer to the disturbance frequency without frequency scanning (i.e. 'zero-span' mode) to allow monitoring of the disturbance in the time-domain; or
- through the use of the time-domain output of an FFT-based measuring receiver.

Guidance for the determination of the appropriate measurement time can be found in 8.3.

6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance

6.6.1 General

For both manual measurements and automated or semi-automated measurements, measurement times and scan rates of measuring and scanning receivers shall be set so as to measure the maximum emission. Especially, where a peak detector is used for pre-scans, the measurement times and scan rates have to take the timing of the emission under test into account. More detailed guidance about performing automated measurements can be found in Clause 8.

6.6.2 Minimum measurement times

The minimum measurement (dwell) times are given in Table 1. From Table 1, the minimum scan times for measurements over a complete CISPR band have been derived in Table 2. These minimum measurement (dwell) times for scanning receivers and FFT-based measuring instruments in Table 1 and the scan times for spectrum analyzers in Table 2 apply to CW signals.

In addition, the test report shall include the value of the measurement instrumentation uncertainty corresponding to the used test set-up, calculated as per the requirements of CISPR 16-4-2.

Table 1 – Minimum measurement times for the four CISPR bands

Frequency band		Minimum measurement time T_m
A	9 kHz to 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz to 30 MHz	0,50 ms
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz to 18 GHz	0,01 ms

**Table 2 – Minimum scan times for the three CISPR bands
with peak and quasi-peak detectors**

Frequency band		Scan time T_s for peak detection	Scan time T_s for quasi-peak detection
A	9 kHz to 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz to 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Depending on the type of disturbance, the scan time may have to be increased – even for quasi-peak measurements. In extreme cases, the measurement time T_m at a certain frequency may have to be increased to 15 s, if the level of the observed emission is not steady (see 6.5.1). However isolated clicks are excluded.

Scan rates and measurement times for use with the average detector are given in Annex C.

Most product standards call out quasi-peak detection for compliance measurements, which can be very time-consuming if time-saving procedures are not applied (see Clause 8). Before timesaving procedures can be applied, the emission has to be detected using a pre-scan. To ensure that, e.g. intermittent signals are not missed during an automated scan, the considerations in 6.6.3 to 6.6.5 shall be accounted for.

6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers

One of two conditions needs to be met to ensure that signals are not missed during automated scans over frequency spans:

- for a single sweep: the measurement time at each frequency shall be larger than the intervals between pulses for intermittent signals;
- for multiple sweeps with maximum hold: the observation time at each frequency should be sufficient for intercepting intermittent signals.

The frequency scan rate is limited by the resolution bandwidth of the instrument and the video bandwidth setting. If the scan rate is chosen too fast for the given instrument state, erroneous measurement results will be obtained. Therefore, a sufficiently long sweep time needs to be chosen for the selected frequency span. Intermittent signals may be intercepted by either a single sweep with sufficient observation time at each frequency or by multiple sweeps with maximum hold. Usually for an overview over unknown emissions, the latter will be highly efficient: as long as the spectrum response changes, there may still be intermittent signals to discover. The observation time shall be selected according to the periodicity at which interfering signals occur. In some cases, the sweep time may have to be varied in order to avoid synchronization effects.

When determining the minimum sweep time for measurements with a spectrum analyzer or scanning EMI receiver, based on a given instrument setting and using peak detection, two different cases have to be distinguished. If the video bandwidth is selected to be **wider** than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}}^2} \quad (1)$$

where

$T_{s \min}$	is the minimum sweep time,
Δf	is the frequency span,
B_{res}	is resolution bandwidth, and
k	is a constant of proportionality, related to the shape of the resolution filter; this constant assumes a value between 2 and 3 for synchronously-tuned, near-Gaussian filters. For nearly rectangular, stagger-tuned filters, k has a value between 10 and 15.

If the video bandwidth is selected to be equal to or smaller than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}} B_{\text{video}}} \quad (2)$$

where B_{video} is the video bandwidth.

Most spectrum analyzers and scanning EMI receivers automatically couple the sweep time to the selected frequency span and the bandwidth settings. Sweep time is adjusted to maintain a calibrated display. The automatic sweep time selection can be overridden if longer observation times are required, e.g. to intercept slowly varying signals.

In addition, for repetitive sweeps, the number of sweeps per second will be determined by the sweep time $T_{s \min}$ and the retrace time (time needed to retune the local oscillator and to store the measurement results, etc.).

6.6.4 Scan times for stepping receivers

Stepping EMI receivers are consecutively tuned to single frequencies using predefined step sizes. While covering the frequency range of interest in discrete frequency steps, a minimum dwell time at each frequency is required for the instrument to accurately measure the input signal.

For the actual measurement, a frequency step size of roughly 50 % of the resolution bandwidth used or less (depending on the resolution filter shape) is required to reduce measurement uncertainty for narrowband signals due to the step-width. Under these assumptions the scan time $T_{s \min}$ for a stepping receiver can be calculated using the following equation:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \frac{\Delta f}{0,5 B_{\text{res}}} \quad (3)$$

where $T_{m \min}$ is the minimum measurement (dwell) time at each frequency.

In addition to the measurement time, some time has to be taken into consideration for the synthesizer to switch to the next frequency and for the firmware to store the measurement result, which in most measuring receivers is automatically done so that the selected measurement time is the effective time for the measurement result. Furthermore, the selected detector, e.g. peak or quasi-peak, determines this time period as well.

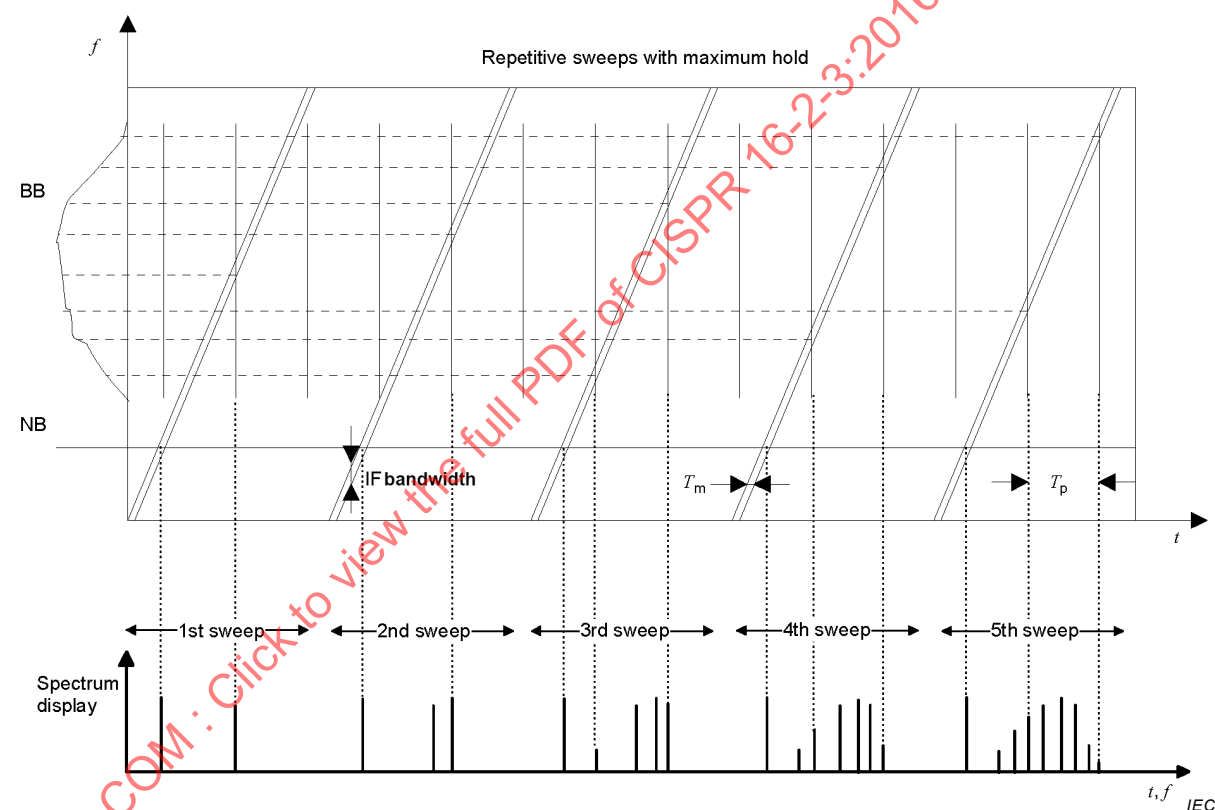
For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case, the objective is to find the maxima of the emission spectrum only.

6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector

For each pre-scan measurement, the probability of intercepting all critical spectral components of the EUT spectrum shall be equal to 100 % or as close to 100 % as possible. Depending on the type of measuring receiver and the characteristics of the disturbance, that may contain narrowband and broadband components, two general approaches are proposed:

- stepped scan: the measurement (dwell) time shall be long enough at each frequency to measure the signal peak, e.g. for an impulsive signal the measurement (dwell) time should be longer than the reciprocal of the repetition frequency of the signal.
- swept scan: the measurement time shall be larger than the intervals between intermittent signals (single sweep) and the number of frequency scans during the observation time should be maximized to increase the probability of signal interception.

Figure 1, Figure 2, and Figure 3 show examples of the relationship between various time-varying emission spectra and the corresponding display on a measuring receiver. In each case, the upper part of the figure shows the position of the receiver bandwidth as it either sweeps or steps through the spectrum.



Key:

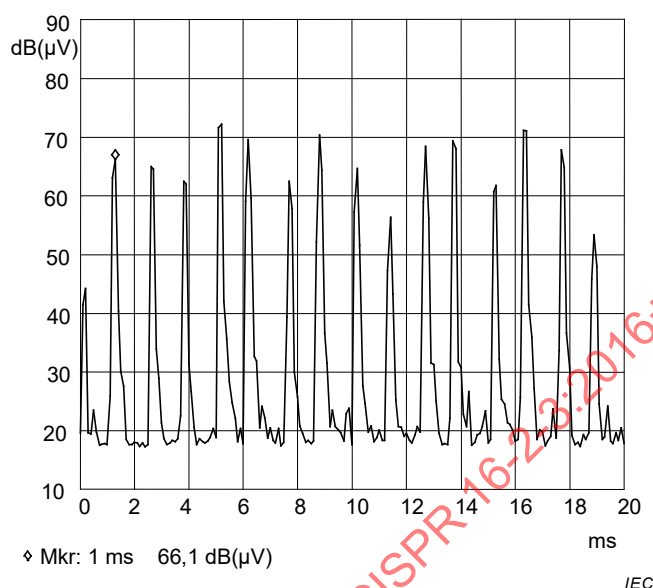
T_p is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum versus time display (upper part of the figure).

Figure 1 – Measurement of a combination of a CW signal (NB) and an impulsive signal (BB) using multiple sweeps with maximum hold

If the type of emission is unknown, multiple sweeps with the shortest possible sweep time and peak detection facilitate determining the spectrum envelope. A short single sweep is sufficient to measure the continuous narrowband signal content of the EUT spectrum. For continuous broadband and intermittent narrowband signals, multiple sweeps at various scan rates using a “maximum hold” function may be necessary to determine the spectrum envelope. For low

repetition impulsive signals, many sweeps will be necessary to fill up the spectrum envelope of the broadband component.

The reduction of measurement time requires a timing analysis of the signals to be measured. This can be done either with a measuring receiver that provides a graphical signal display, used in zero-span mode or using an oscilloscope connected to the IF or video output of the receiver, and with an example shown in Figure 2.

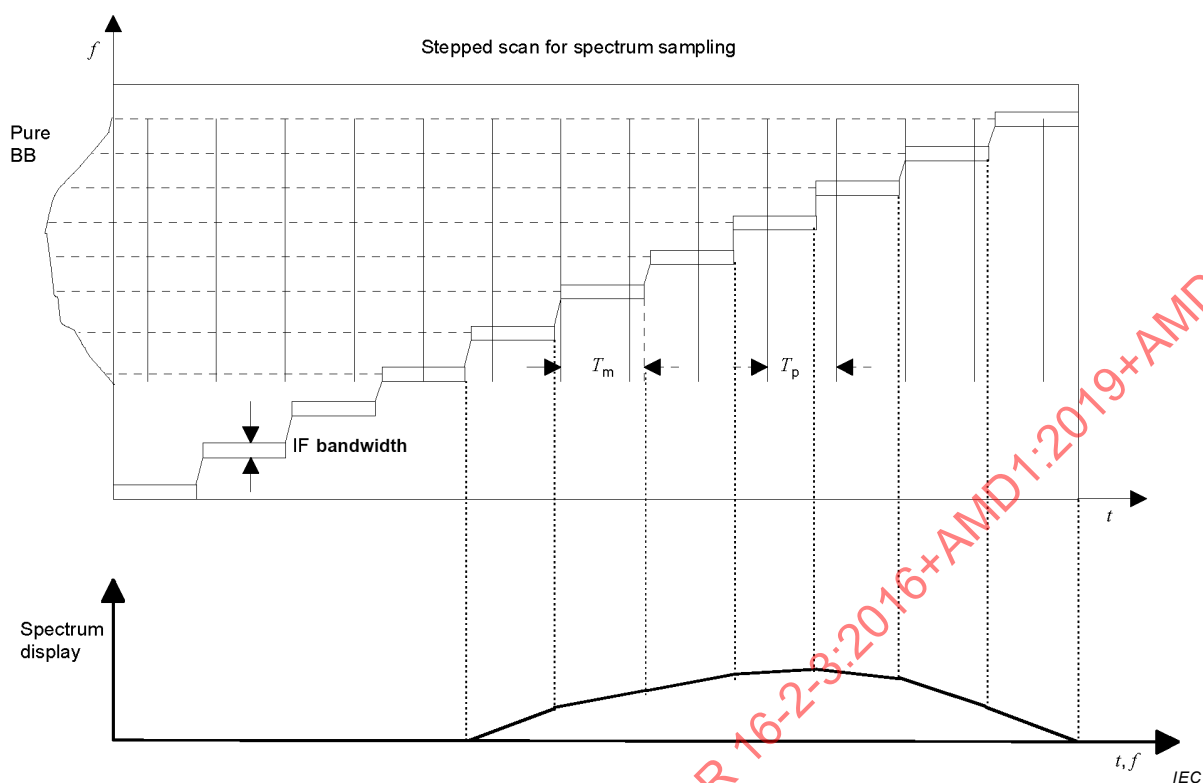


NOTE Disturbance from a d.c. collector motor; due to the number of collector segments, the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies considerably. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is >10 ms.

Figure 2 – Example of a timing analysis

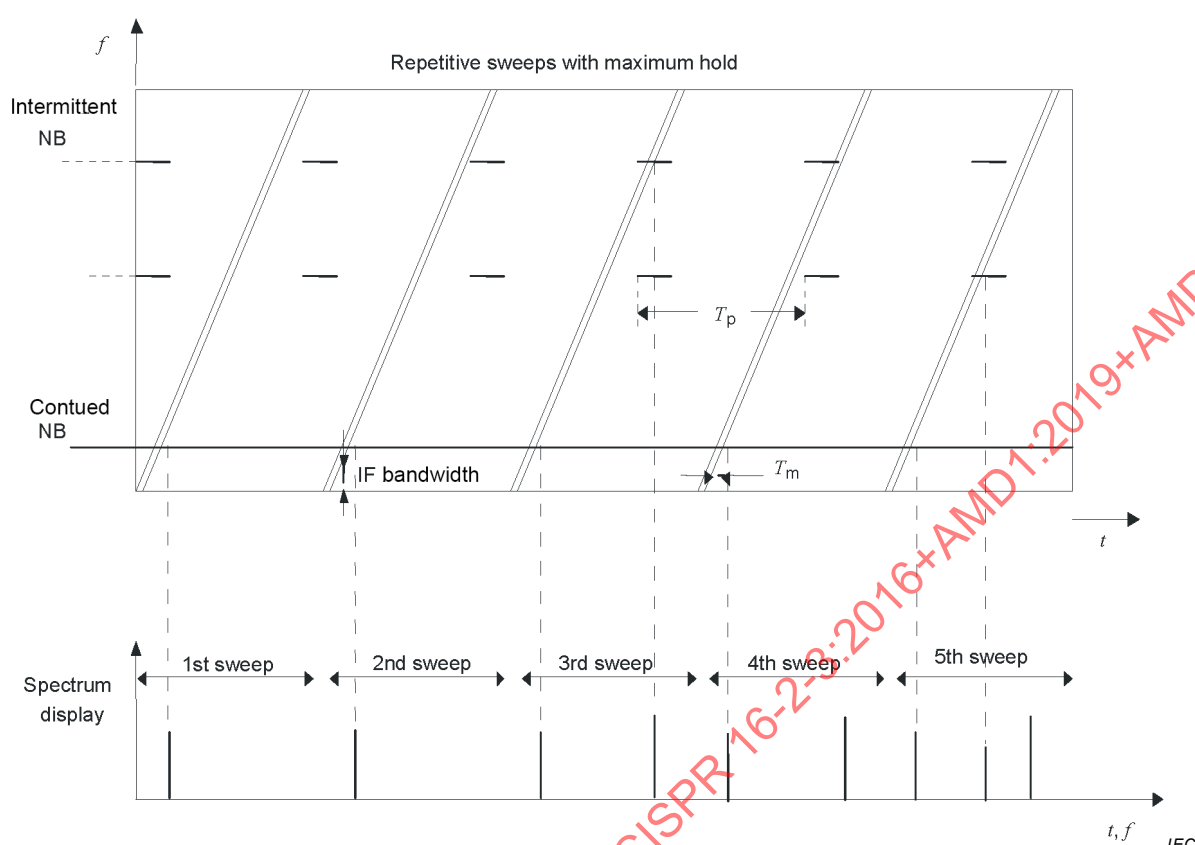
From such a timing analysis, pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected, and according to the following:

- for **continuous unmodulated narrowband** disturbances, the fastest scan time possible for the selected instrument settings may be used;
- for **pure continuous broadband** disturbances, e.g. from ignition motors, arc welding equipment, and collector motors, a stepped scan (with peak or even quasi-peak detection) for sampling of the emission spectrum may be used. In this case the knowledge of the type of disturbance is used to draw a polyline (piecewise) curve as the spectrum envelope (see Figure 3). The step size shall be chosen so that no significant variations in the spectrum envelope are missed. A single swept measurement, if performed slowly enough, will also yield the spectrum envelope;
- for **intermittent narrowband** disturbances with unknown frequencies either fast short sweeps involving a “maximum hold” function (see Figure 4) or a slow single sweep may be used. A timing analysis may be required prior to the actual measurement to ensure proper signal interception;
- **intermittent broadband** disturbances shall be measured with discontinuous disturbance analysis procedures, as described in CISPR 16-1-1.



The measurement (dwell) time T_m shall be longer than the pulse repetition interval T_p , which is the inverse of the pulse repetition frequency.

Figure 3 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver



NOTE 1 The number of sweeps required or the sweep time may have to be increased, depending on pulse duration and pulse repetition interval.

NOTE 2 In this example, five sweeps are required for all spectral components to be intercepted.

Figure 4 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments

FFT-based measuring instruments may combine the parallel calculation at N frequencies and a stepped scan. For this purpose the frequency range of interest is subdivided into a number of segments N_{seg} that are scanned sequentially. The procedure is shown in Figure 5 for three segments. The total scan time for the frequency range of interest T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

where

T_m is the measurement time for each segment, and

N_{seg} is the number of segments.

FFT-based measuring instruments may also provide methods to improve the frequency resolution across a given frequency range. In general, an FFT-based measuring instrument will have a fixed frequency step $f_{\text{step FFT}}$ that is determined by the number of frequencies of the FFT. Increased frequency resolution is achieved by performing repeat calculations over a given

frequency range. For each repeat calculation, the lowest frequency is incremented by a frequency step, $f_{\text{step final}}$.

Hence the first calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

The second calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

This procedure, applied for a step ratio of 3, is displayed in Figure 6.

The scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (5)$$

where

T_m is the measurement time, and
 $\frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}}$ is the step ratio.

For a system that combines both methods the scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (6)$$

NOTE 1 FFT-based measuring instruments may combine both methods, the stepped scan as well as a method to improve the frequency resolution.

NOTE 2 Additional background information on the definition of the FFT-based receiver can be found in CISPR TR 16-3 [3].

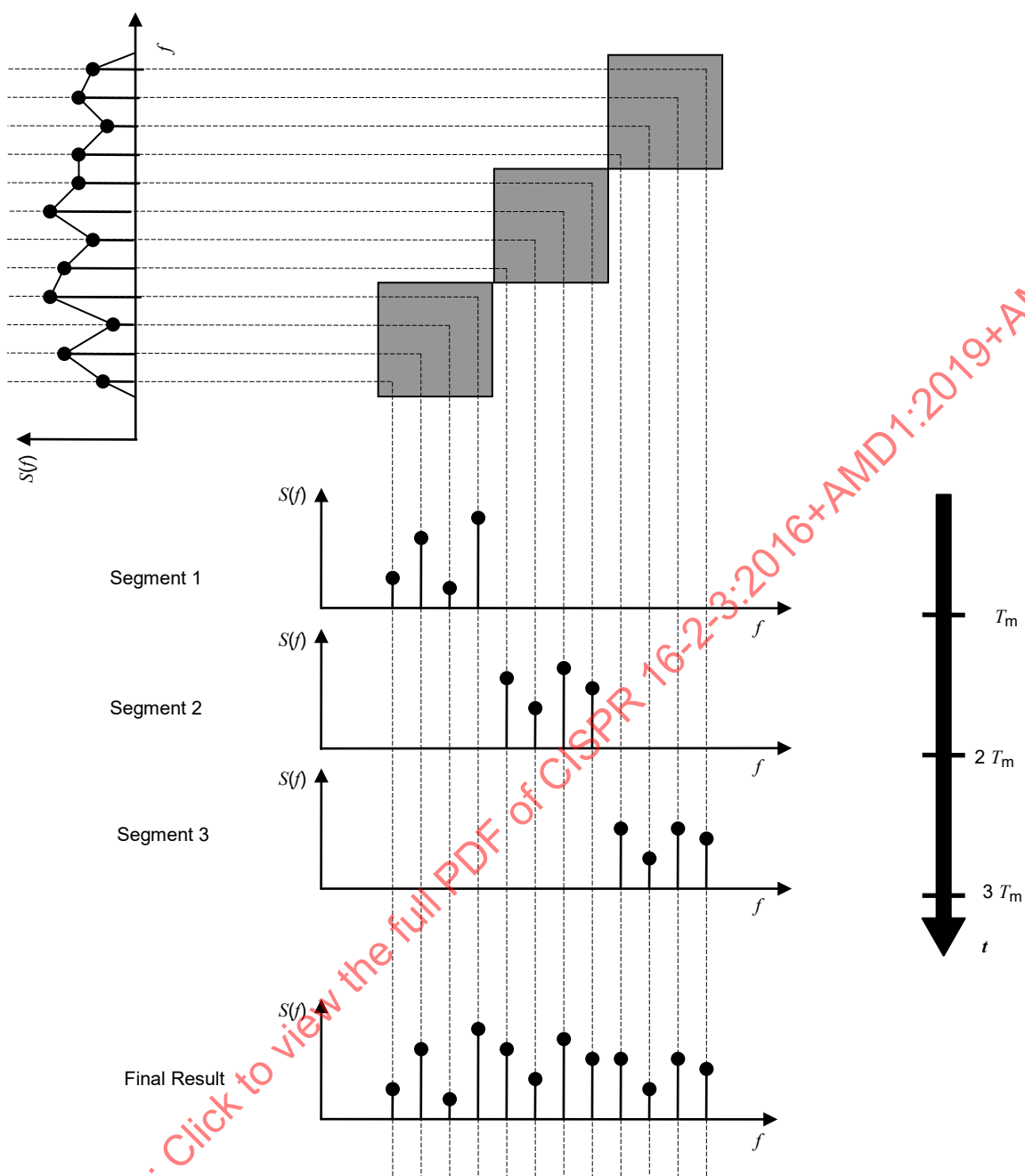


Figure 5 – FFT scan in segments

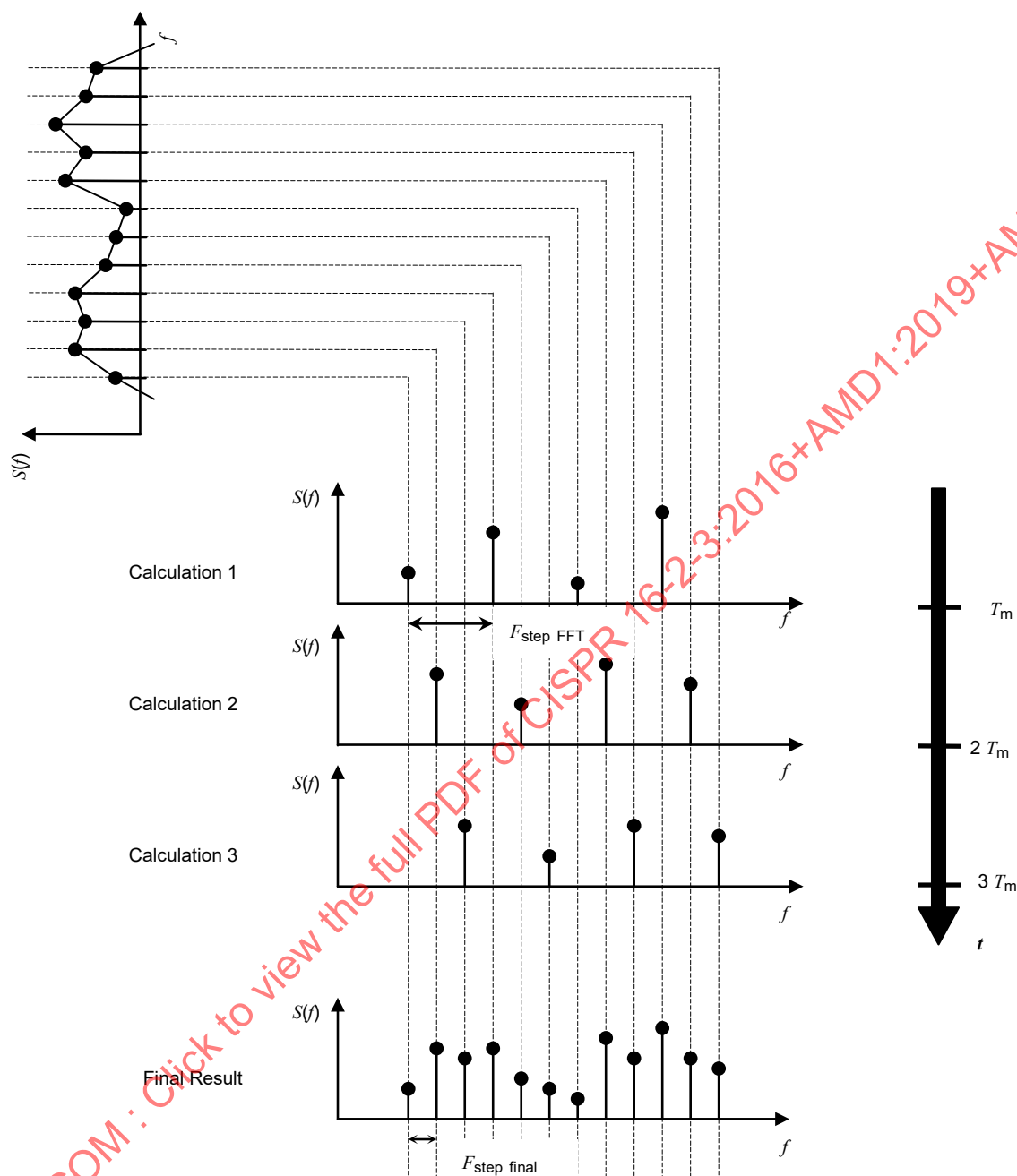


Figure 6 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument

7 Measurement of radiated disturbances

7.1 ~~Introductory remarks~~ General

~~This clause sets forth the general procedures for the measurement of the field strength of radio disturbance produced by devices and systems. Experience with radiated disturbance measurements is less extensive than that of voltage measurements. The radiated disturbance measurement procedures are therefore open to revision and extension as knowledge and experience are accumulated. In particular, attention shall be given to the effect of leads and~~

~~cables associated with the EUT. Table 3 provides a summary list of CISPR radiated emission test sites and test methods and the related cross-references to subclauses within this document or to other documents.~~

~~For some products, it may be required to measure the electric, the magnetic, or both components of the radiated disturbance. Sometimes a measurement of a quantity related to radiated power is more appropriate. Normally measurements should be made of both the horizontal and vertical components of the disturbance with respect to the reference ground plane. The results of measurements of either the electric or magnetic components may be expressed in peak, quasi-peak, average or rms values.~~

~~The magnetic component of the disturbance is normally measured at frequencies up to 30 MHz. In magnetic field measurements only the horizontal component of the field at the position of the receiving antenna is measured when using the distant antenna procedure. If the loop antenna system (LAS) is used, the three orthogonal magnetic dipole moments of the EUT are measured. (Note that in the single antenna method, the horizontal component of the field at the position of the antenna is determined by the horizontal and vertical dipole moments of the EUT because reflection plays a part.)~~

**Table 3 — Applicable frequency ranges and document references
for CISPR radiated emission test sites and test methods**

Site / method	9 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz	1 GHz to 18 GHz
Outdoor site	tbd	7.3.8	n/a
LAS	7.2	n/a	n/a
OATS or SAC	tbd	7.3	n/a
FAR	n/a	7.4	7.6
Common RE/RI	n/a	7.5 (RI start 80 MHz)	n/a
Absorber-lined OATS	n/a	n/a	7.6
In-situ	7.7.2	7.7.3, 7.7.4.2	7.7.3, 7.7.4.3
Substitution	n/a	7.8	7.8
Reverberation chamber	n/a	7.9 (Start 80 MHz)	7.9
TEM waveguide	IEC 61000-4-20	7.10	7.10
n/a = not applicable; tbd = to be determined or is under consideration			

7.1.1 General remarks and overview of test methods

Clause 7 sets forth the general procedures for the measurement of the field strength of radio disturbance produced by devices and systems. Most experience with radiated disturbance measurements exists for OATS/SAC with 10 m distance in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz. In this frequency range this is therefore called the established test method to which other test methods are compared regarding the level of radio protection (see also CISPR TR 16-4-5). The effects of leads and cables associated with the EUT in terms of length, layout, and termination shall be taken into account (see Garbe and Battermann [21], Garbe [22]). Table 8 provides a summary list of CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods, and the related cross-references to subclauses within this document or to other documents. Tables 9, 10, 11 and 12 provide information on maximum EUT volumes associated with the various measurement methods. Background on the criteria for EUT volumes is given in Annex F.

For some products, it can be required to measure the electric field strength, the magnetic field strength, or both components of the radiated disturbance. Sometimes a measurement of a quantity related to radiated power is more appropriate. Normally measurements should be made of both the horizontal and vertical components of the disturbance relative to the installation floor

or ground plane. The results of measurements of either the electric field-strength component or magnetic field-strength component may be expressed in peak, quasi-peak, average, or rms-average values.

The magnetic field strength component of a disturbance is typically measured at frequencies up to 30 MHz. Generally, in magnetic field strength measurements, the horizontal and vertical components of the field at the position of the receiving antenna are measured when using the distant single antenna procedure. If an LLAS is used, the three orthogonal magnetic dipole moments of the EUT are measured.

NOTE 1 In the magnetic field-strength measurement method using a distant single antenna (e.g. 60 cm loop antenna), the horizontal components of the field at the position of the antenna are determined by the horizontal and vertical dipole moments of the EUT.

**Table 8 – Applicable frequency ranges and document references
for CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods**

Site / method	9 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz	1 GHz to 18 GHz
Outdoor site	tbd	7.3.8	n/a
LLAS	7.2	n/a	n/a
OATS or SAC	tbd	7.3	n/a
FAR	n/a	7.4	7.6
Common RE/RI	n/a	7.5 (RI starts 80 MHz)	n/a
Absorber-lined OATS/SAC	n/a	n/a	7.6
<i>In situ</i>	7.7.2	7.7.3, 7.7.4.2	7.7.3, 7.7.4.3
Substitution method	n/a	7.8	7.8
Reverberation chamber	n/a	7.9 (Starts 80 MHz)	7.9
TEM waveguide	IEC 61000-4-20	7.10	7.10
n/a = not applicable; tbd = to be determined or is under consideration			

7.1.2 Overview of maximum EUT volumes depending on measurement method, frequency range, and measurement distance

7.1.2.1 Frequency range 9 kHz to 30 MHz

- a) Maximum EUT dimensions for large-loop antenna system (LLAS) measurements are listed in Table 9.

It is recommended to use a 3 m LLAS for $1,6 \text{ m} < \text{EUT dimensions} \leq 2,4 \text{ m}$, and to use a 4 m LLAS for $2,4 \text{ m} < \text{EUT dimensions} \leq 3,2 \text{ m}$.

Table 9 – Maximum EUT dimensions for different LLAS diameters, 9 kHz to 30 MHz

LLAS diameter	2 m	3 m	4 m
EUT dimension ^a	1,6 m	2,4 m	3,2 m
^a The specified EUT dimension applies for the diameter of a sphere that fully encompasses the EUT; e.g. for an EUT in the form of a cube, the maximum cube side length for a 2 m LLAS will be $(1,6 \text{ m})/\sqrt{3} = 0,92 \text{ m}$; for a 3 m LLAS: $(2,4 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,39 \text{ m}$; and for a 4 m LLAS: $(3,2 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,85 \text{ m}$. These maximum EUT dimensions are the same as specified in CISPR 16-1-4.			

- b) Recommended maximum EUT dimensions for an OATS/SAC or an outdoor site are listed in Table 10.

Table 10 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and outdoor site, 9 kHz to 30 MHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m	30 m
D by h at OATS/SAC ^a	1,5 by 1,5 ^b	2,0 by 2,0 ^b	5,0 by 4,0	15 by 4,0 ^d
D by h at outdoor site ^c	1,5 by 1,5 ^b	2,0 by 2,0 ^b	5,0 by 4,0	15 by 4,0 ^d
^a Test site specifications and validation methods for OATS/SAC are under development. ^b EUT volumes less than or equal to those for $d = 3 \text{ m}$ (5 m) are small EUTs, as defined in 3.1.35. Disturbance limits for larger EUTs can be defined for these distances taking the EUT volume diameter into account (see e.g. [18]). Work is in progress to define conditions for medium-sized EUT volumes. ^c An outdoor site is a non-validated test site without a conducting ground plane. ^d The EUT diameter for 30 m is proportional to the diameters for 3 m and 10 m. The distance of 30 m is regarded as a protection distance, where any EUT volume that is encompassed by the receive antenna beamwidth is acceptable. This table includes the 30 m distance because it is specified in CISPR 11, regardless that an associated validation method is not available or in preparation for the frequency range 9 kHz to 30 MHz. EUT height is limited to 4 m, because heights greater than 4 m are not practically needed.				

- c) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6W$ by $0,6L$ by $0,33H$, where W = the (average) septum width, H = the (average) septum height, and $L = z_{\max} - z_{\min}$, i.e. the region where the TEM mode requirements are fulfilled (see IEC 61000-4-20). The EUT volume is limited by the test volume.

7.1.2.2 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

- a) Maximum EUT dimensions for an OATS/SAC and a FAR are listed in Table 11.

Table 11 – Maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and FAR, 30 MHz to 1 000 MHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m	30 m
D by h at OATS/SAC	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 4,0 ^a	15 by 4,0 ^a
D by h in FAR	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0 ^b	3,0 by 3,0 ^b	-

NOTE EUT volumes less than or equal to those for $d = 3$ m (5 m) are small EUTs as defined in 3.1.35. Work is in progress to define conditions for medium-sized EUT volumes.

^a For an OATS/SAC, the EUT volume at 10 m and 30 m distances is a recommendation only because these distances may be regarded as protection distances, where any EUT volume that is encompassed by the receive antenna beamwidth is accepted, provided that the test volume fulfils the validation criteria.

^b Table 14 of CISPR 16-1-4 specifies maximum diameters and heights of the EUT volume for radiated disturbance measurements in a FAR as 1,5 m, 2,5 m, and 5 m for measurement distances $d = 3$ m, 5 m, and 10 m, respectively. The reason why the maximum EUT dimensions are less than 2,5 m and 5 m at $d = 5$ m and 10 m, respectively, is mainly due to the near-field effect and the fact that a FAR is an alternative test site.

- b) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6w$ by $0,6L$ by $0,33h$. For definitions of w , L , and h , see 7.1.2.1 c).

- c) Maximum EUT dimensions in a reverberation chamber (RC) are as follows.

At the lowest usable frequency of an RC, the EUT shall be at least $\lambda/4$ away from the chamber walls. Additional space is required for the tuner/stirrer and for the transmit antenna and receive antenna; see IEC 61000-4-21 for details.

7.1.2.3 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

- a) Recommended maximum EUT dimensions for an absorber-lined OATS/SAC and FAR are listed in Table 12.

Table 12 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m) – for reduced near-field uncertainty; absorber-lined OATS/SAC and FAR, 1 GHz to 18 GHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m
D by h in 1 GHz to 6 GHz ^{a,b}	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 3,0
D by h in 6 GHz to 18 GHz ^a	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 3,0

^a The minimum antenna beamwidths required for the EUT volumes in this table are 28° (for $d = 3$ m), $22,6^\circ$ (for $d = 5$ m) and $22,6^\circ$ (for $d = 10$ m), as determined using Equation (13); see also Table 5.

^b At present CISPR 32 does not specify disturbance limits for frequencies above 6 GHz. If CISPR disturbance limits for frequencies above 6 GHz are adopted, the EUT dimension recommendations might have to be amended.

- b) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6w$ by $0,6L$ by $0,33h$. For definitions of w , L , and h , see 7.1.2.1 c).

- c) Maximum EUT dimensions in a reverberation chamber (RC) – see 7.1.2.2 c).

7.2 Loop-antenna system measurements (9 kHz to 30 MHz)

7.2.1 General

The ~~loop-antenna system (LAS)~~ LLAS considered in this subclause is suitable for indoor measurement of the magnetic field strength emitted by a single EUT in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

The magnetic field strength is measured in terms of the currents induced into the LLAS by the magnetic disturbance field of the EUT. The LLAS shall be validated regularly using the method described in CISPR 16-1-4. CISPR 16-1-4 also gives a complete description of the LLAS and a relation between the measuring results obtained with the LLAS and those obtained as described in this subclause.

7.2.2 General measurement method

Figure 7 shows the general concept of measurements made with the LLAS. The EUT is placed in the centre of the LLAS. The current induced by the magnetic field strength from the EUT into each of the three large loop antennas of the LLAS is measured by connecting the current probe of the large loop antenna to a measuring receiver (or equivalent). During the measurements, the EUT remains in a fixed position.

The currents in the three large loop antennas, originating from the three mutually orthogonal magnetic field strength components, are measured in sequence. Each current level measured shall comply with the emission limit, expressed in dB(μ A), as specified in the product standard. The emission limit shall apply for an LLAS having large loop antennas with the standardized diameter of 2 m.

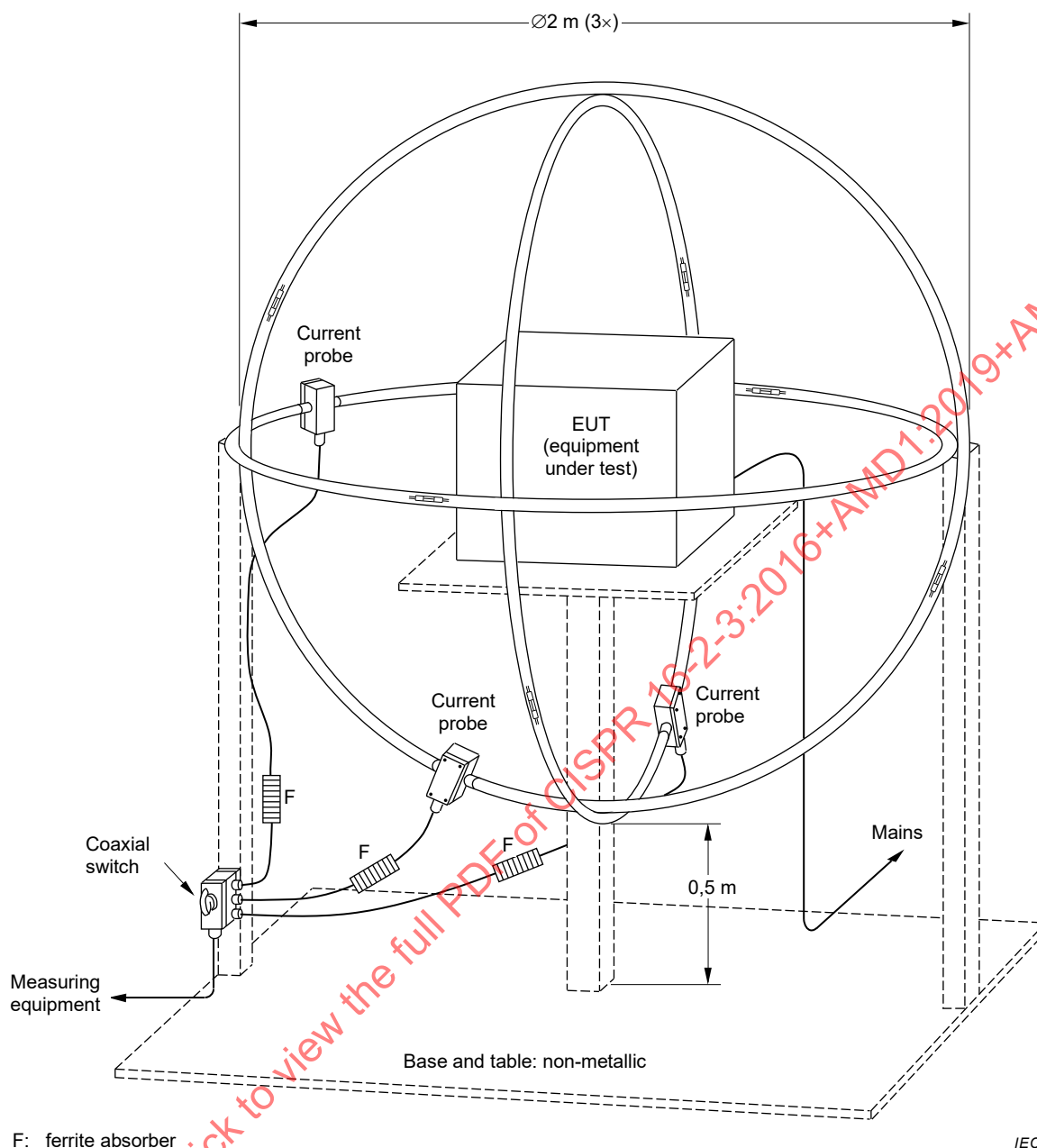


Figure 7 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system

7.2.3 Test environment

The distance between the outer perimeter of the LLAS and nearby objects, such as floor and walls, shall be at least 0,5 m. The currents induced in the LLAS by an RF ambient field shall be judged in accordance with CISPR 16-1-4.

7.2.4 Configuration of the equipment under test

To avoid unwanted capacitive coupling between the EUT and the LLAS, the maximum dimensions of the EUT shall allow a distance of at least 0,20 m between the EUT and the standardized 2 m large loop antennas of the LLAS.

The position of the mains lead shall be optimized for maximum current induction. In general, this position will not be critical when the EUT complies with the conducted emission limit.

In case of a large EUT, the diameter of the loop antennas of the LLAS may be increased up to 4 m. In that case:

- a) the current values measured shall be corrected in accordance with Clause B.6 of CISPR 16-1-2:2014; and
- b) the maximum dimensions of the EUT shall allow a distance between the EUT and the large loops of at least $(0,1 \times D)$ m, where D is the diameter of the non-standardized loop.

7.2.5 Measurement uncertainty for LLAS

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.3 Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (30 MHz to 1 GHz)

7.3.1 Measurand

The quantity to be measured is the maximum electric field strength emitted by the EUT as a function of horizontal and vertical polarization and at heights between 1 m and 4 m, and at a horizontal distance of 10 m from the EUT, over all angles in the azimuth plane. This quantity shall be determined with the following provisions:

- a) the frequency range of interest is 30 MHz to 1 000 MHz;
- b) the quantity shall be expressed in terms of field strength units that correspond with the units used to express the limit levels for this quantity;
- c) a SAC/OATS measurement site and positioning table shall be used that complies with the applicable CISPR validation requirements;
- d) a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1 shall be used;
- e) the use of alternative measurement distances, such as 3 m or 30 m instead of 10 m, shall be considered as alternative measurement methods;
- f) the measurement distance is the horizontal projection of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point to the ground plane;
- g) the EUT is configured and operated in accordance with the CISPR specifications;
- h) free-space antenna factors shall be used.

The measurand E is derived from the maximum voltage reading V_r by using the free-space antenna factor F_a :

$$E = V_r + A_c + F_a \quad (7)$$

where

E is the field strength in dB(μ V/m) as in the measurand description;

V_r is the maximum received voltage in dB(μ V) using the procedure as in the measurand description;

A_c is the loss in dB of the measuring cable between antenna and receiver.

Free-space antenna factors are used as a figure of merit for the antenna. It should be noted the field strength is measured above a ground plane, not in a free-space environment

In an EMC disturbance measurement the electric field strength is required at a given distance from the boundary of the EUT. The test distance is measured from the reference point of the antenna to the boundary of the EUT (see Figure 8). In the case of a difference between the

reference point on an antenna and the phase centre, a correction factor may be applied to obtain the field strength at the test distance.

NOTE 1 See also 7.5.2.2 and A.6.2 of CISPR 16-1-6:2014 [2] about corrections of field strength results for antenna phase centre variations.

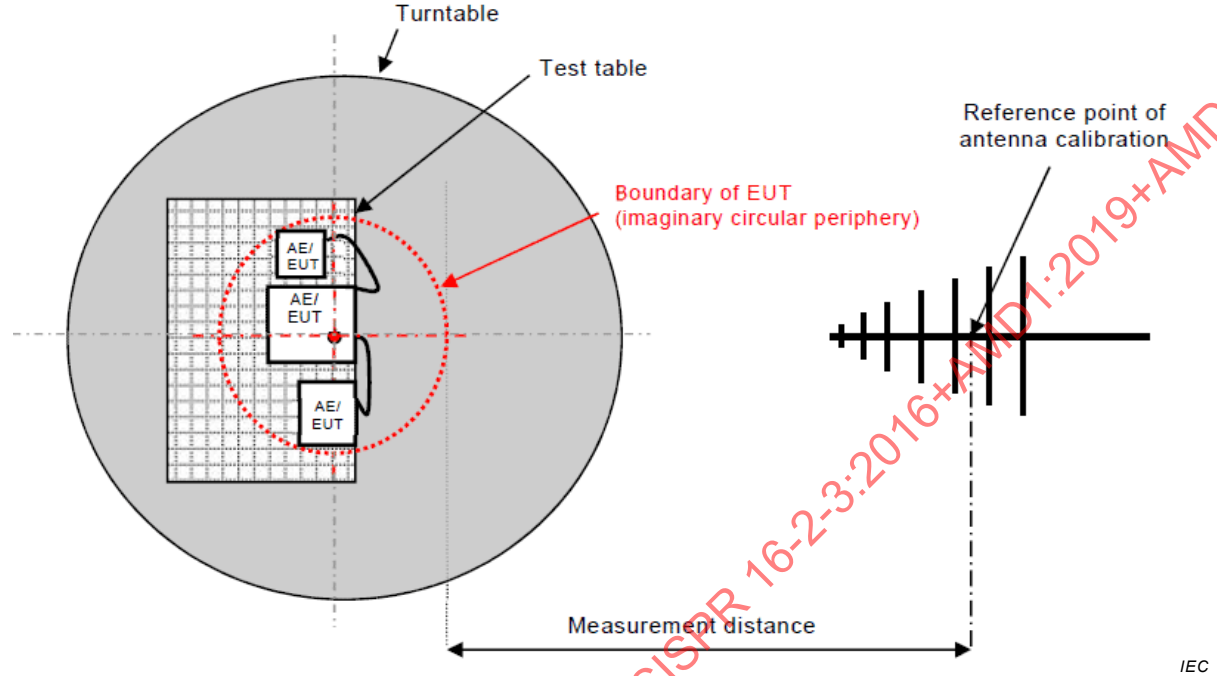


Figure 8 – Measurement distance

As an example, consider a typical log-periodic dipole array (LPDA) antenna that has a separation of approximately 0,6 m between the dipole that is responsive to the field at 200 MHz and the dipole that is responsive at 1 000 MHz. For the measurement of the emission at a distance $d = 3$ m from the EUT, at a frequency of 200 MHz, the electric field strength will be measured at a distance of approximately 3,3 m from P2 in Figure 9, according to the value of d_{phase} from Equation (11), where P2 is the boundary of the EUT.

For a given frequency, the following correction, ΔE in dB, shall be added to the measured electric field strength:

$$\Delta E = 20 \lg \left(\frac{d_{\text{phase}}}{d} \right) \quad (8)$$

Referring to Figure 9 the distance from P2 to the resonant element at a given frequency is d_{phase} given by Equation (9). Point P1 is the manufacturer's mark or the centre of the antenna, d_{1P} is the distance from the tip of the antenna to P1 and d_{1f} is the distance from the tip of the antenna to the phase centre position at frequency f .

$$d_{\text{phase}} = d + (d_{1f} - d_{1P}) \quad (9)$$

where

$$d_{1f} = \frac{(l_f - l_{\min})(d_{\max} - d_{\min})}{l_{\max} - l_{\min}} + d_{\min} \quad (10)$$

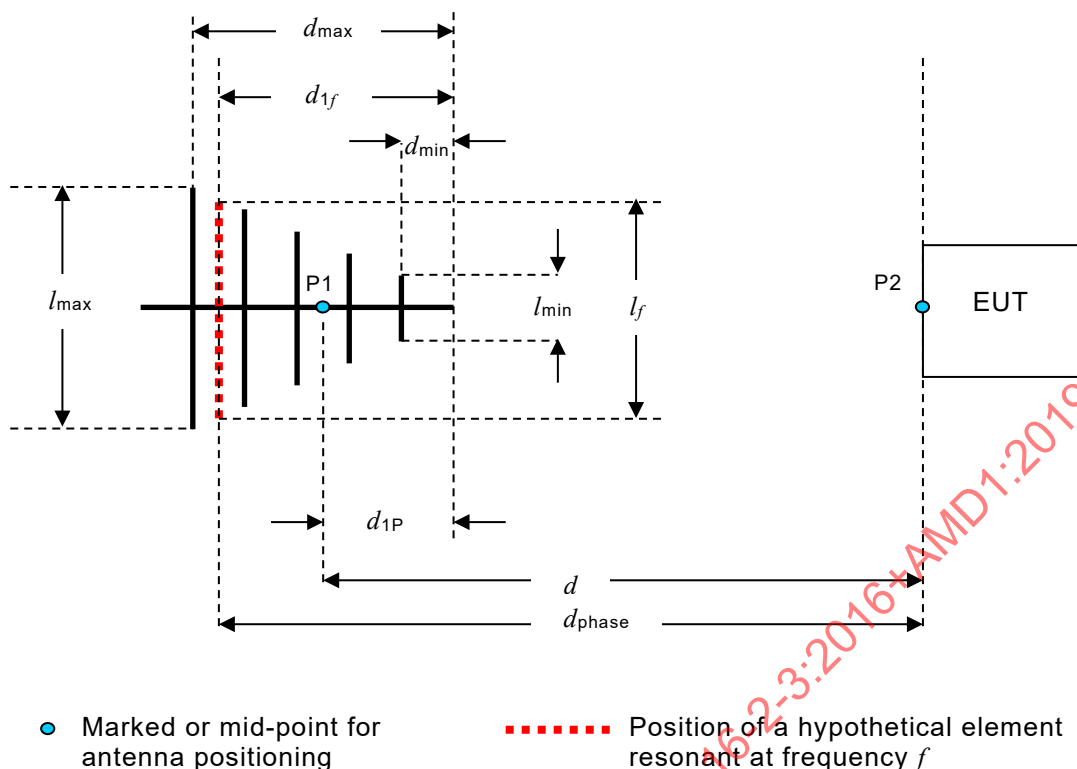
- l_f is the length of the dipole element that is nominally resonant at frequency f in MHz and is equal to $0,9 \times 150/f$ in m, where 0,9 is a generic shortening factor due to the finite radius of the dipole [11];
- $l_{\min}$ and $l_{\max}$ are lengths of the dipoles having minimum and maximum lengths (i.e. the dipoles are resonant at approximately the upper and lower operating frequencies, respectively);
- $d_{\min}$ and $d_{\max}$ are the distances from the minimum and maximum length dipoles to the antenna tip, respectively.

For hybrid antennas the phase center position d_{phase} is determined using information supplied by the antenna manufacturer. In case of tabular form the antenna manufacturer shall provide d_{1f} for the frequency range 100 MHz to 300 MHz with a maximum frequency step of 20 MHz.

It is assumed in Equation (8) that the field point is in the far-field of the antenna. In a near-field situation, usually for less than half a wavelength, the measurement for M_{APR} (see Equation (35-13) of CISPR 16-1-4:2010/AMD1:2012/2019) takes near-field effects into account. For more detail, including corrections for tapered LPDA sections of hybrid antennas, see 7.5.2.2 of CISPR 16-1-6:2014 [2]. Linear interpolation is used to estimate the phase centre position for frequencies between the resonant frequencies of the elements at the ends of the operating frequency range.

If a phase centre correction is not applied it shall be considered in the measurement instrumentation uncertainty budget in accordance with CISPR 16-4-2.

NOTE 2 The antenna calibration laboratory may provide the electric field strength correction for specific measurement distances (e.g. 3 m and 10 m) by equivalent corrections of the antenna factor for these distances.



IEC

Figure 9 – Separation distance relative to the phase centre of an LPDA antenna

7.3.2 Test site requirements

The compliance test site (COMTS) shall conform to the relevant specifications of CISPR 16-1-4 for its physical and electrical properties, and for its validation.

7.3.3 General measurement method

Figure 10 shows the concept of measurements made on an open-area test site (OATS) or in a semi-anechoic chamber (SAC) with the direct and ground reflected rays arriving at the receiving antenna.

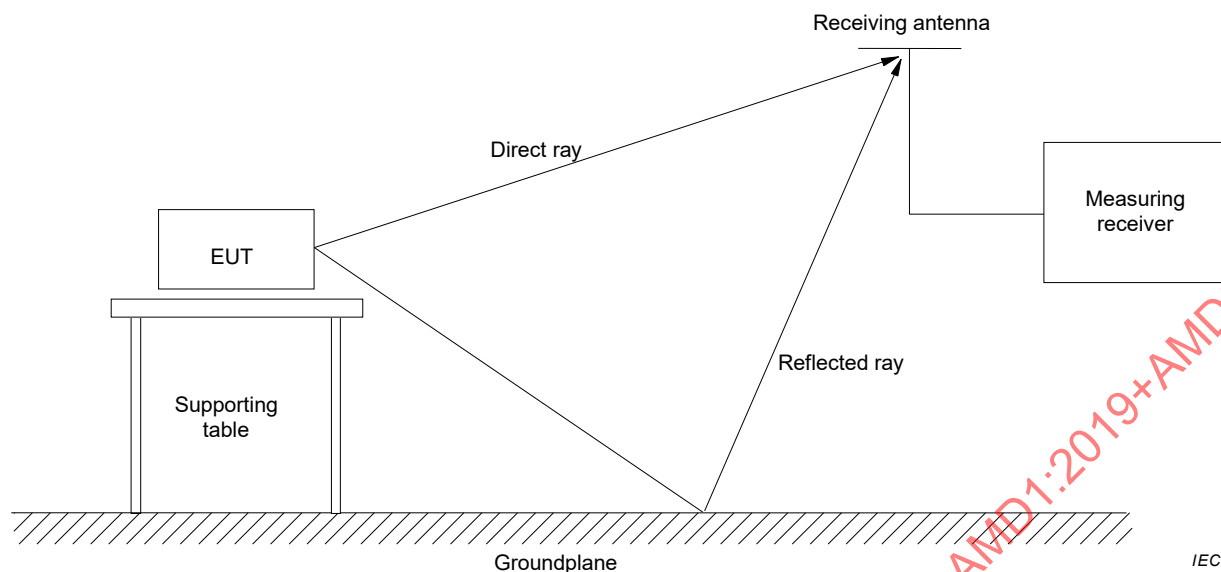


Figure 10 – Concept of electric field strength measurements made on an open-area test site (OATS) or semi-anechoic chamber (SAC) showing the direct and reflected rays arriving at the receiving antenna

The EUT is configured at a specified height above the ground plane and configured to represent normal operating conditions. The antenna is positioned at the specified separation distance. The EUT is rotated in the horizontal plane and the maximum reading noted. The height of the antenna is adjusted so that the direct and reflected rays approach or meet in-phase addition. The procedural steps may be interchanged and may need to be repeated to find the maximum disturbance. For practical reasons, the height variation is restricted, and, therefore, perfect in-phase addition may not be achieved.

7.3.4 Measurement distance

An EUT subject to a radiated disturbance limit at a specified distance should be measured at that distance unless to do so would be impractical because of equipment size, etc. The measurement distance is the distance between the projection of closest point of the EUT to the antenna and the projection of the calibration reference point of the antenna on the ground plane. If the antenna reference point is not specified in the antenna calibration report, for log-periodic antennas the reference point is a point along the horizontal antenna boom midway between the dipole elements that correspond to a half wavelength at the centre frequency of antenna frequency range.

NOTE The centre frequency is defined by: $\lg(f_{\text{centre}}) = (\lg f_{\text{min}} + \lg f_{\text{max}})/2$; $f_{\text{centre}} = 10^{\lg(f_{\text{centre}})}$.

A distance of 10 m is preferred at most outdoor sites since at this distance the expected level of the disturbance being measured is sufficiently above the general ambient noise level to permit useful testing. Distances of less than 3 m or greater than 30 m are not generally used. If a measurement distance other than the specified distance is necessary, the results should be extrapolated using the procedures specified in the product standards. If no guidance is given, suitable justification for extrapolation shall be provided. In general, extrapolation does not follow a simple inverse distance law.

Where possible, measurement should be made in the far field. The far-field region may be defined by the following conditions. The measurement distance d is selected so that:

- ~~$d \geq \lambda/6$~~ $d \geq \lambda/(2\pi)$. At this distance $E/H = Z_0 = 120 \pi = 377 \Omega$, that is electrical and magnetic field strength components are perpendicular to each other, and the measurement error is in the order of 3 dB if the EUT is regarded as being ~~a tuned dipole antenna~~ an electrically small antenna, where $D \ll \lambda$; or

- b) $d \geq \lambda$, a condition for a plane wave, where the error is in the order of 0,5 dB if the EUT is regarded as ~~a tuned dipole antenna~~ an electrically small antenna, where $D \ll \lambda$; or
- c) ~~$d \geq 2D^2/\lambda$~~ $d \geq D^2/(2\lambda)$, where D is the largest dimension of either the EUT or the antenna determining the minimum aperture for the illumination of the EUT, which applies to cases, where $D \gg \lambda$ with deviations up to 1 dB; see Annex F for details about near-field effects.

7.3.5 Antenna height variation

For electric field-strength measurements, the antenna height above the ground plane shall be varied within a specified range to obtain the maximum reading that will occur when the direct and reflected rays are in phase. As a general rule, for measurement distances up to and including 10 m, the antenna height for electric field strength measurements shall be varied between 1 m and 4 m. At greater distances of up to 30 m, preferably the height shall be varied between 2 m and 6 m. It may be necessary to adjust the minimum antenna height above ground down to 1 m in order to maximize the reading. These height scans apply for both horizontal and vertical polarization, except that for vertical polarization, the minimum height shall be increased so that the lowest point of the antenna clears the site ground surface by at least 25 cm.

7.3.6 Product specification details

7.3.6.1 General

In addition to specifying the detailed measurement method and the disturbance parameters to be measured, the product standards shall include other relevant details as outlined below.

7.3.6.2 Test environment

The influence of the test environment shall be considered so as to ensure correct functioning of the EUT. Important parameters in the physical environment shall be specified, e.g. temperature and humidity.

The electromagnetic environment needs special consideration to ensure accurate disturbance measurements. The ambient radio noise and signal levels measured at the test site with the EUT de-energized should be at least 6 dB below the limit. It is recognized that this is not always realizable at all frequencies. However, in the event that the measured levels of the ambient plus EUT radio noise emissions are not above the limit, the EUT shall be considered to be in compliance with the limit. See 6.2.2 and Annex A for further guidance about ambient levels and resulting measurement errors.

If the ambient field-strength level at frequencies within the specified measurement ranges, at the specified measurement distance, exceeds the limit(s), the following alternatives may be used to show compliance of the EUT:

- a) Perform measurements at a closer distance and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. Extrapolate the results using one of the following methods:
 - 1) determine L_2 corresponding to the close-in distance d_2 by applying the relation $L_2 = L_1(d_1/d_2)$, where L_1 is the specified limit in $\mu\text{V/m}$ at the distance d_1 ;
NOTE This extrapolation method can only be used when both d_1 and d_2 are in the far-field zone of the EUT at all frequencies of measurement.
 - 2) use the formula as recommended by the product standard;
 - 3) determine the limit L_2 at a distance d_2 applying an extrapolation formula verified by measurements at no less than three different distances.
- b) In the frequency bands where the ambient noise values are exceeded (measured values higher than 6 dB below the limit), the disturbance values of the EUT may be interpolated from the adjacent disturbance values. The interpolated value shall lie on the curve describing a continuous function of the disturbance values adjacent to the ambient noise.

- c) Perform measurements in critical frequency bands during hours when broadcast stations are off the air and the ambients from industrial equipment are lower.
- d) Compare the amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation with the amplitude of the disturbance on adjacent frequencies, in a shielded room or absorber-lined shielded room. The amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation can be estimated by measuring the amplitude of the adjacent frequency disturbance and making a comparison.
- e) Consider the directions of strong ambient signals in orienting the axis of an OATS, so that the orientation of the receiving antenna on the site discriminates against such signals as far as possible.
- f) Use a narrower instrument bandwidth for narrowband disturbances from the EUT occurring near an RF ambient when both are within the standard bandwidth.

7.3.6.3 Configuration of EUT

The EUT operating conditions and arrangement are detailed in 6.4.

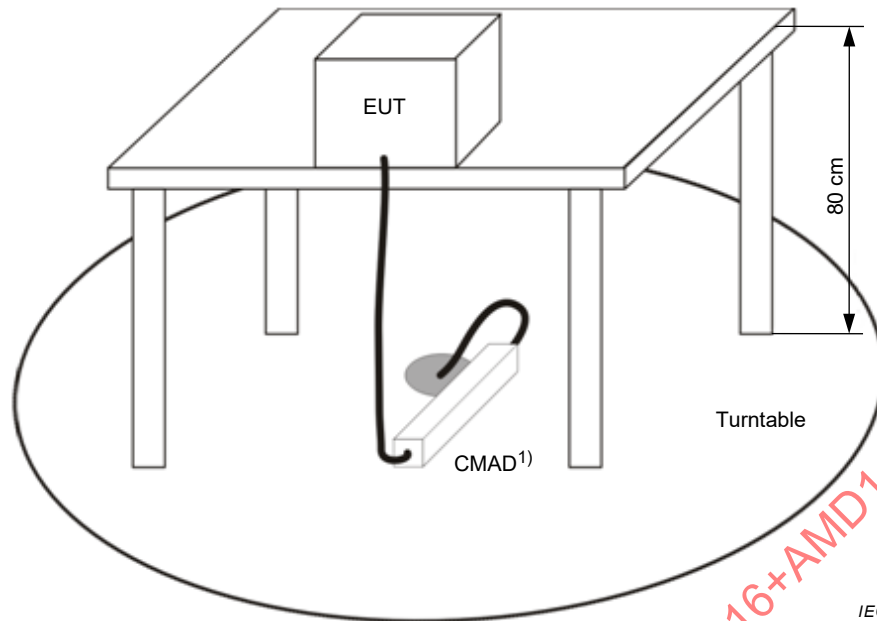
Ferrite clamp type CMADs are used to reduce the influence of cables outside the test volume on radiated disturbance measurement results. If CMADs are used, the cable leaving the test volume shall enter the CMAD at the point where it reaches the ground plane as shown in Figure 11. The CMAD shall always be placed flat on the ground plane. The part of the cable between the exit point of the CMAD and the exit point of the turntable shall be kept as short as possible. Each cable shall be treated with a separate CMAD. Cables with diameters larger than the cable openings of commercially available CMADs do not have to be treated with CMADs.

In order to avoid saturation, high common mode current power cables (e.g. the output port of inverters) should not be treated with CMADs unless the CMADs in use are specifically designed for high common mode currents.

For EUTs with up to three cables leaving the test volume, each cable shall be treated with a CMAD during radiated disturbance measurements. This requirement applies to any type of cable (e.g. power, telecommunication, and control). For a test set-up with more than three cables leaving the test volume, only the three cables from which the highest emission is expected need to be equipped with CMADs. The cables on which the CMADs have been applied shall be documented in the test report.

NOTE The limitation of the number of CMADs is discussed in [12]. In comparing large versus small size EUTs, as well as EUTs with one versus two cables, the author concluded that a small EUT with only one cable leaving the test volume is worst case. The author's investigation covered application of CMADs to tabletop equipment with three cables or less.

General information on the purpose and application of ferrite-type CMADs is provided in 4.9.1 of CISPR TR 16-3:2010 [3].



¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 11 – Position of CMAD for table-top equipment on OATS or in SAC

7.3.7 Measurement instrumentation

The measurement instrumentation, including antennas, shall conform to the relevant requirements in CISPR 16-1-1 and CISPR 16-1-4.

7.3.8 Field-strength measurements on other outdoor sites

Outdoor test sites similar to an open-area test site but without any metal ground plane may be prescribed for some products, for practical reasons, e.g. ISM equipment and motor vehicles. The provisions given in 7.3.4 to 7.3.7 shall remain applicable.

7.3.9 Measurement uncertainty for OATS and SAC

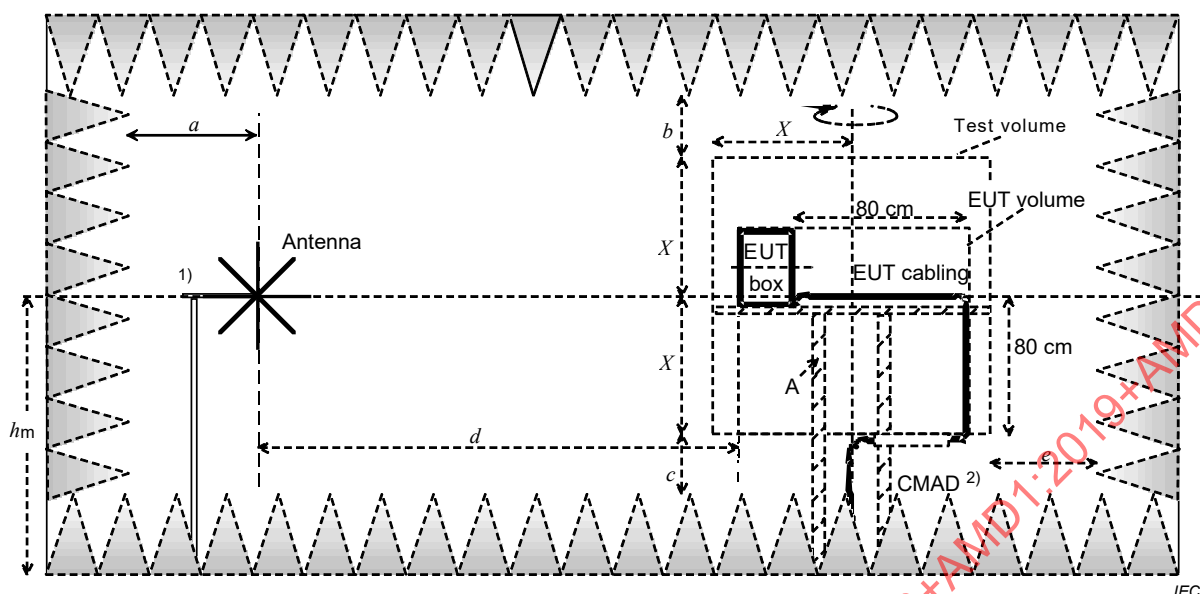
General and basic considerations about uncertainties for emission measurements are given in CISPR 16-4-1. Uncertainty aspects specific to radiated emission measurements on an OATS or SAC (30 MHz to 1 GHz) are given in CISPR 16-4-2.

7.4 Fully-anechoic room measurements (30 MHz to 1 GHz)

7.4.1 Test set-up and site geometry

The same type of antenna shall be used for EUT emission testing as the receive antenna used for the FAR site validation testing. The antenna height is fixed at the geometrical middle height of the test volume. Measurement are carried out in horizontal and vertical polarization of the receive antenna. Emission should be measured while the turntable rotates with the EUT in each of at least three successive azimuth positions (0°, 45°, 90°), when continuous rotation is not required. Figure 12 illustrates the typical FAR site geometry, and the relevant dimensions.

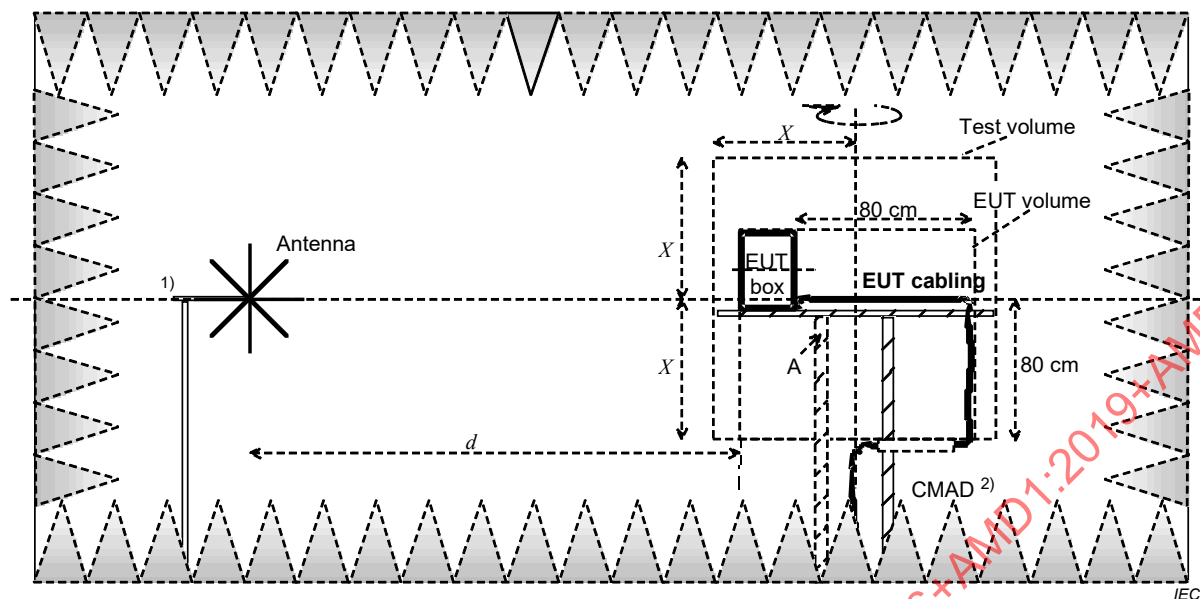
The EUT shall be placed on a turntable. Figure 12, Figure 13 and Figure 14 explain the different dimensions within the FAR. The turntable, antenna mast and supporting floor shall be in place during the site validation procedure, and consist largely of material transparent to electromagnetic waves. The distances a , b , c and e may be limited by the size of the test volume. The level of the bottom plane (absorber height plus c) is the level for floor-standing equipment (transport pallet height is outside the test volume).



Key

A	turntable and EUT support fixture
2X	1,5 m, 2,5 m, 5 m – corresponds to test distance used (3 m, 5 m, or 10 m respectively)
h_m	middle level of the test volume
a, b, c, e	$\geq 0,5$ m recommended (≥ 1 m is more convenient), the actual value is consistent with the FAR validation procedure of CISPR 16-1-4
d	3 m, 5 m, or 10 m
- 1) The antenna and cable layout shall be validated together and used in the same configuration during EUT test. The antenna together with the cable may have to be moved for the alignment of the required test distance during the EUT test.
- 2) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 12 – Typical FAR site geometry, where a, b, c, e depend upon the room performance



Key

A turntable and EUT support fixture

$2X$ 1,5 m, 2,5 m, 5 m

d 3 m; 5 m, or 10 m (for 3 m, 5 m, or 10 m test distance, respectively)

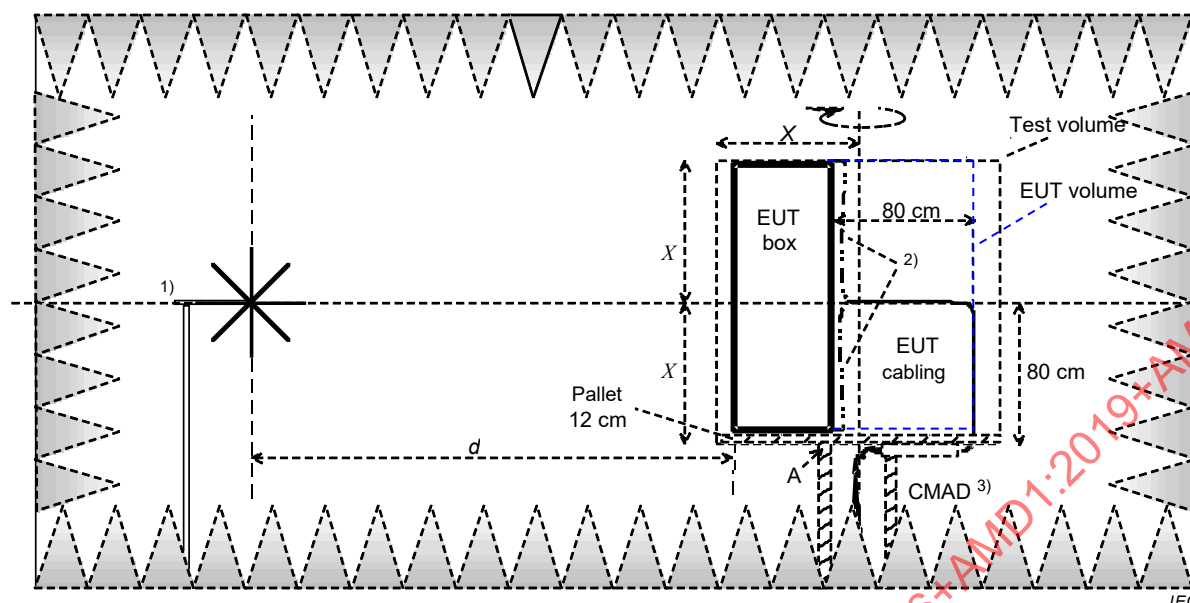
1) The antenna cable layout shall be the same as in the site validation procedure (see Figure 12).

2) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 13 – Typical test set-up for table-top equipment within the test volume of a FAR

The test distance is measured from the reference point of the antenna to the boundary of the EUT. In the case of a difference between the reference point on an antenna and the phase centre, a correction factor may be applied to obtain the field strength at the test distance.

For a given frequency, the correction ΔE in dB in Equation (8) shall be added to the measured electric field strength in order to reduce its uncertainty. The correction of electric field strength is applied to account for the phase centre correction of LPDA antennas and the log-periodic part of hybrid antennas.



Key

A	turntable and EUT support fixture
2X	1,5 m, 2,5 m, 5 m
d	3 m, 5 m or 10 m for 3 m, 5 m, or 10 m test distance, respectively

Pallet of 12 cm (10 cm to 14 cm) is a compromise between metal- and wooden ground plane.

- 1) The antenna cable layout shall be the same as in the validation procedure (see Figure 12).
- 2) The cable layout depends on the location of the cable outlets and shall be close to the surface of the housing.
- 3) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 14 – Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR

7.4.2 EUT position

Figure 13 and Figure 14 illustrate test set-ups in a FAR for typical table-top and floor-standing EUTs, respectively. The EUT shall be configured, installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. The entire EUT shall fit in the test volume. Associated equipment that is required to exercise the EUT, but does not form part of it, shall be located outside the screened room.

Interface cables shall be connected to each type of interface port of the EUT. If the EUT consists of separate devices, the space between the devices shall be in the normal configuration, but with 10 cm separation if possible. Interconnecting cables shall be bundled. The bundle shall be 30 cm to 40 cm long and longitudinal to the cable.

To improve the measurement repeatability, the following guidelines shall be applied:

- a) The EUT (including the cables laid out according to 7.4.3) shall be placed so that its centre is at the same height as the centre of the test volume. A non-conductive support of a suitable height may be used to achieve this.
- b) Where it is not physically possible to elevate a large EUT to the centre of the test volume (Figure 12 and Figure 13), the EUT may remain on a non-conductive transport pallet during the test (Figure 14). The height of the pallet shall be recorded in the test report.

The installation specifications for some floor-standing equipment require the unit to be installed and bonded directly to a conductive floor. The following considerations apply for testing of floor-standing equipment in a FAR: if FAR test results for floor-standing equipment intended to be installed and bonded directly to a conductive floor show non-compliance with an emissions limit applicable to FAR sites, actual emissions may be lower if the EUT were tested on a ground plane that better simulates the final installation environment. This is particularly true if the emissions are at a frequency below 200 MHz, horizontal polarization, and the source of emissions is from a location on the equipment that would correspond to a height above ground of 0,4 m or less in a typical installation. The reader is advised that prior to a determination of non-compliance based on FAR measurements, additional investigation in a ground plane test environment (i.e. an open-area test site or semi-anechoic chamber) is recommended, to better simulate the final intended installation condition for the equipment.

7.4.3 Cable layout and termination

In EMC testing, the reproducibility of measurement results is often poor due to differences in cable layout and termination, when one single EUT is measured at various test-sites. The following listed items are general conditions for the test set-up in order to provide good reproducibility (see Figure 13 and Figure 14). Ideally all radiation to be measured should only be emitted from the test volume. The cables used during the test shall be in accordance with manufacturer's specifications. The EUT may employ non-terminated cables if cable terminations are not available. The specifications of the cables and terminations used during testing shall be clearly described in the test report.

- a) The cables that are connected to the EUT and auxiliary equipment or power supply shall include a length of 0,8 m run horizontally and 0,8 m run vertically (without any bundling) inside the test volume (see Figure 13 and Figure 14). Any cable length in excess of 1,6 m with a relative tolerance of $\pm 5\%$ shall be routed outside the test volume.
- b) If the manufacturer specifies a shorter length than 1,6 m, then, where possible, it shall be oriented such that half of its length is horizontal and half is vertical in the test volume.
- c) Cables that are not exercised through associated equipment during the test shall be appropriately terminated:
 - 1) coaxial (shielded) cables with coaxial terminator with correct impedance (50 Ω or 75 Ω);
 - 2) shielded cables with more than one inner wire shall have common mode (line to reference earth/ground) and differential-mode (line to line) termination in accordance with the manufacturer's specifications;
 - 3) unshielded cables shall have differential mode termination as well as common-mode termination in accordance with the manufacturer's specifications.
- d) If the EUT needs associated equipment in order to be operated properly, special care shall be taken that no emission of that equipment can influence the radiation measurement. Associated equipment shall be located outside the screened room wherever possible. Measures against RF-leakage into the FAR through the interconnection cables shall be taken.
- e) The test set-up, including cable layout and details of attached cables and terminations, are specified in the different product standards.
- f) Ferrite clamp type CMADs are used to reduce the influence of cables outside the test volume on radiated disturbance measurement results. The cable leaving the test volume shall enter the CMAD at the point where it reaches the bottom of the test volume (turntable) as shown in Figure 12, Figure 13 and Figure 14. Each cable shall be treated with a separate CMAD. Cables with diameters larger than the cable openings of commercially available CMADs need not be treated with CMADs.

In order to avoid saturation, high common mode current power cables (e.g. output port of inverters) should not be treated with CMADs, unless the CMADs in use are specifically designed for high common mode currents.

For EUTs with up to three cables leaving the test volume, each cable shall be treated with a CMAD during radiated disturbance measurements. This requirement applies to any type

of cable (e.g. power, telecommunications and control). For a test set-up with more than three cables leaving the test volume only the three cables from which the highest emission is expected need to be equipped with CMADs. The cables on which the CMADs have been applied shall be documented in the test report.

General information on the purpose and application of ferrite-type CMADs is provided in 4.9.1 of CISPR TR 16-3:2014 [2].

Due to the different nature of the many possible EUTs, product standards may deviate considerably from the requirements of this subclause (e.g. 10.5 of CISPR 22:2008 [4]).

7.4.4 Measurement uncertainty for FAR

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. An example of an uncertainty budget for an emission measurement at a 3 m distance in a FAR is given in CISPR 16-4-2.

7.5 Radiated emission measurement method (30 MHz to 1 GHz) and radiated immunity test method (80 MHz to 1 GHz) with common test set-up in semi-anechoic chamber

7.5.1 Applicability

As an alternative to different test set-ups for radiated emissions and radiated immunity testing, at the discretion of product committees, testing to both requirements may be performed using a common EUT arrangement in accordance with the provisions of this clause. The test arrangement described in this clause is applicable when radiated emissions and immunity testing of the EUT using the same configuration and test set-up is technically justified. This test arrangement is considered to be most applicable to EUTs of simple configuration, e.g. single enclosure, combination of small enclosures, less than five cables connected to the EUT. This alternative test arrangement is allowed for EUTs whose product emissions standards permit radiated emission tests at 3 m separation distance.

The radiated immunity test may be performed with absorbing material covering portions of the ground plane between the EUT and the transmitting antenna, if necessary to achieve field uniformity, as described in IEC 61000-4-3 (i.e. absorber-lined SAC, analogous to absorber-lined OATS). For emission measurements, the normalized site attenuation characteristics of the SAC without the ground-plane absorber shall satisfy the requirements of CISPR 16-1-4.

7.5.2 EUT perimeter definition and antenna-to-EUT separation distance

Radiated emission and immunity tests shall be made with the receive or transmit antenna located at a horizontal distance of 3 m plus half of the maximum width of the EUT being tested, measured from the centre of the EUT. The antenna reference point used when determining its distance from the EUT is the identified reference point. However, if the reference point is not specified, the reference point is a point along the horizontal antenna boom midway between the dipole antenna elements that correspond to a half wavelength of the upper and lower frequency limits to be evaluated.

NOTE For a log-periodic antenna, the manufacturer may specify the reference point.

For a given frequency, the correction ΔE in dB in Equation (8) is added to the measured electric field strength in order to reduce its uncertainty. The correction of electric field strength is applied to account for the phase centre correction of LPDA antennas and the log periodic part of hybrid antennas. If a phase centre correction is not included, it shall be considered in the uncertainty budget. Refer to 7.3.1 for more details.

The EUT perimeter is defined by the smallest virtual (imaginary) rectangle encompassing the EUT. All intersystem cables shall be included within this perimeter (see Figure 15). Each edge of this perimeter shall lie in one of the four face planes of the EUT, co-planar with (and possibly

residing within) the uniform field areas (UFAs) calibrated for immunity tests, depending upon the horizontal test distance.

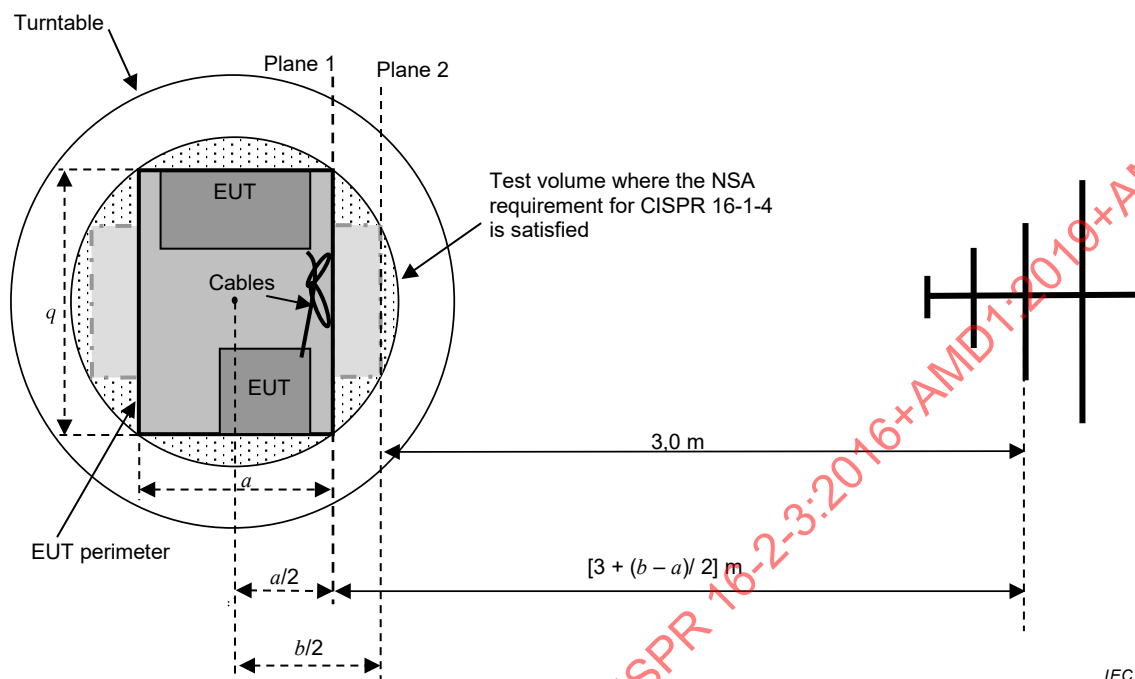


Figure 15 – Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)

7.5.3 Uniform test volume

The uniform test volume is defined by the following conditions.

- The EUT and its auxiliary equipment (AuxEq) (e.g. peripherals and cables) shall fit into a test volume where the site validation requirements of CISPR 16-1-4 are fulfilled. Refer to the site validation procedure for alternative test sites for use in emission measurements of CISPR 16-1-4;
- The EUT and its AuxEq shall fit into a test volume that allows each of the faces of the EUT and its AuxEq to be aligned with the uniform field area according to the requirements of IEC 61000-4-3 and as described in this subclause.

Evaluation of EUTs having unequal or non-symmetric boundaries at two antenna separation distances necessitate uniform field area calibrations according to the requirements of IEC 61000-4-3. In the example shown in Figure 15, this is at the plane with length b along the front face of the EUT (0° azimuth) and the plane with length a along the side face of the EUT (90° azimuth).

To accommodate EUTs with a maximum width of 1,5 m, the uniform field area may be calibrated for the two conditions:

- in a plane orthogonal to the axis of the antenna through the centre of the turntable;
- in a plane orthogonal to the axis of the antenna 0,75 m in front of the centre of the turntable, perpendicular to the measurement axis.

A linear interpolation can be performed to test any EUT whose exposed front is between the two calibrated UFAs. It is presumed that:

- the –0 dB to +6 dB criteria complies at the number of points defined by IEC 61000-4-3 for each of the two surfaces, and
- the average field strengths of the points satisfying the –0 dB to +6 dB criterion in the two UFAs are inversely proportional to the antenna-to-UFA distance when applying a constant forward power to the antenna.

Designate P_{c1} as the forward power (logarithmic scale) for the UFA at the centre of the turntable, evaluated by either the calibration with constant field strength or the calibration method with constant power, and P_{c2} as the corresponding forward power for the UFA at 0,75 m in front of the centre of the turntable. The required forward power to illuminate an EUT surface can be calculated by linear interpolation from P_{c1} and P_{c2} and the corresponding distances (also in logarithmic scale) to the antenna. For other measurement details and descriptions, refer to 6.2 of IEC 61000-4-3:2006 calibration of field.

For EUT perimeter dimensions that differ by 20 % or less of the 3 m separation distance (that is, 0,6 m or less), only a single uniform field area calibration is required at the separation distance corresponding to Plane 1 in Figure 15 (the widest face of the EUT).

NOTE When using the method described in the preceding paragraph, two faces of the EUT will be tested at a higher immunity field-strength level due to their closer distance to the transmitting antenna.

The EUT perimeter, including the connecting cables, shall fit within the test volume where the site validation requirement is satisfied. For the common emission/immunity set-up, the facility shall be calibrated at two vertical planes corresponding to the minimum and maximum dimensions of the EUT perimeter at 0°, 90°, 180° and 270° to the EUT faces. The types of equipment to be tested in the facility may be considered for selection of the two plane locations.

If floor absorbers are used to achieve the field uniformity criterion, these absorbers shall be placed between the transmitting antenna and Plane 2. If only one plane is calibrated (that is, an EUT with a difference of the two boundary dimensions being less than 0,6 m), the floor absorbers, when used, shall be placed between the transmitting antenna and the calibrated plane.

7.5.4 Specifications for EUT set-up in common emissions/immunity test set-up

The tests shall be performed with the equipment configured as closely as possible to its typical, practical operation. Unless stated otherwise, cables and wiring shall be as specified by the manufacturer and the equipment shall be in its housing (or cabinet) with all covers and access panels in place. Any deviation from normal EUT operating conditions shall be included in the test report. The specifications of 7.3.6.3 apply. The EUT (on a non-conductive support structure, where applicable) shall be placed on a remotely operated turntable, as specified in 7.3.6.3, to allow the EUT to be rotated.

The height of the EUT above the ground plane shall be in accordance with the following requirements.

- Tabletop equipment is placed on a non-conductive set-up table with height $0,8 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$, see 7.3.6.3. CISPR 16-1-4 specifies the method to determine the impact of the non-conductive set-up table on test results.
- Floor-standing equipment is placed on a non-conductive support, as specified in the applicable product standard. If there are no EUT height placement requirements in the product standard, the EUT shall be placed on a non-conductive support at a height of 5 cm to 15 cm above the ground plane.

Equipment designed for wall-mounted operation shall be tested as table-top equipment. The orientation of the EUT shall be consistent with that of normal operation (that is, positioned as normally installed).

Interface cables, loads, and devices should be connected to at least one of each type of the interface ports of the EUT and, where practical, each cable shall be terminated in a device typical for its actual use. Where there are multiple interface ports of the same type, a typical number of these devices shall be connected to devices or loads. It is sufficient to connect only one of the loads, provided that it can be shown, for example by preliminary testing, that the connection of further ports would not significantly increase the level of disturbance (that is, more than 2 dB) or significantly degrade the immunity level. The rationale for the configuration and loading of ports shall be documented in the test report.

The number of additional cables should be limited to the condition where the addition of another cable does not decrease the margin by a significant amount (for example, 2 dB) with respect to the limit. In some cases the optimum arrangement of features, loads, interface types, and cables for emissions and immunity tests are different, which may result in the need for some reconfiguration of the EUT within the confines of the uniform EUT arrangement.

The cable layout and termination shall be according to the following requirements.

- The cables shall be oriented so that vertically- and horizontally-polarized radiation fields are not excluded. The cable layout rules and cable lengths defined in the applicable product emission and immunity standards shall be applied. However, in case of conflicting requirements, the layout and maximum cable lengths defined in the product emission standard shall be used. Fulfilling the rules can be accomplished by applying the cable placement rules of the emissions standard and exposing a minimum length of 1 m of cable, with a mix of horizontal or vertical parts, to the electromagnetic field during immunity testing (unless the manufacturer's specifications require shorter cables). Excess cable lengths should be bundled in the approximate centre of the length of the cable to form a bundle 30 cm to 40 cm in length. If no information is provided about cable layout in the product emission standard, the following arrangement is applied.
 - For a table-top EUT (Figure 16 and Figure 17), the cables leaving the uniform test volume (that is, those that connect the EUT to the outside world) shall be exposed to the electromagnetic field according to Figure 16 and Figure 17 for a total length of 1 m ($\pm 0,1$ m), and then extended vertically down towards the floor (with a minimum length of 0,8 m imposed by the EUT table height). Interconnecting cables that hang from the table shall be at a minimum distance of 0,4 m ($\pm 0,04$ m) from the ground plane. If cables that hang closer than 40 cm to the ground plane cannot be shortened to the appropriate length, the excess cable shall be folded back and forth to form a bundle 30 cm to 40 cm long. If the maximum length declared by the manufacturer for certain cables does not allow a one meter horizontal cable layout, including a length to get to the ground plane for table-top products (placed on the 0,8 m height table), the horizontal layout shall depend on the length of cable in excess of 0,8 m. Bundling is not required.
 - For a floor-standing EUT (Figure 18 and Figure 19), cables leaving the uniform test volume shall be arranged with a length of at least 0,3 m run horizontally within the test volume and with a vertical run according to typical, normal use (depending on the height above the floor of the I/O port). Horizontal cables shall be insulated from the ground planes by a minimum height of 10 cm for the entire length of the cable that is intended to be laid out along the floor.

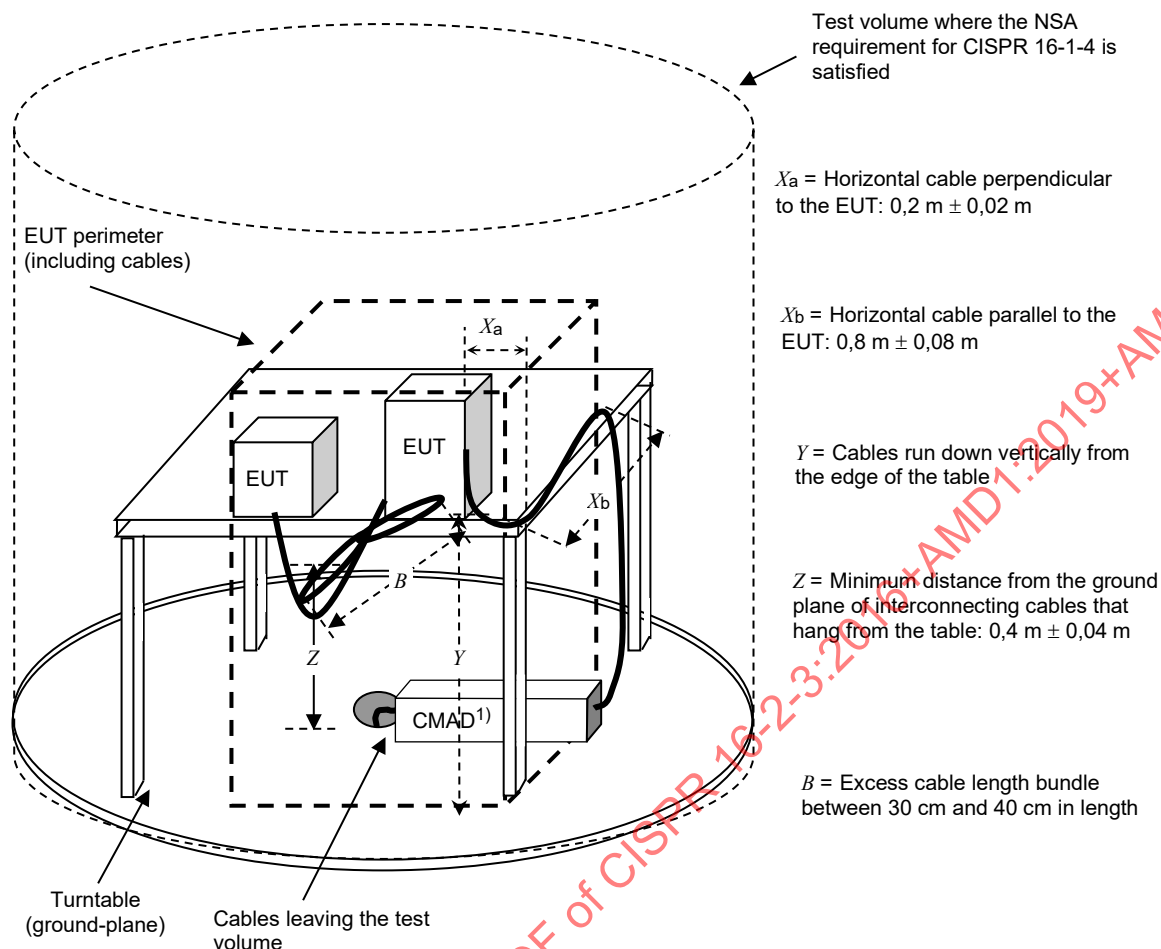
Cabling between enclosures of the EUT shall be treated as follows.

- The manufacturer's specified cabling types and connectors shall be used.
- If the manufacturer's specification requires a cable length of less than or equal to 3 m, then the specified length shall be used. The cables shall be exposed for a length of 1 m ($\pm 0,1$ m) and the excess shall be folded back and forth, forming a bundle 30 cm to 40 cm long, for table-top equipment (see Figure 16 and Figure 17) and approximately 1 m for floor-standing equipment (see Figure 18 and Figure 19).
- If the specified length is greater than 3 m or is not specified, then the illuminated length shall be 1 m. The excess cables shall be extended outside the test volume.

- EUT combinations of table-top equipment and floor-standing equipment shall be arranged according to the set-up of each individual equipment configuration and the interconnecting cables between table-top equipment and floor-standing equipment shall be according to these rules.
- For the cables not terminated into auxiliary equipment, differential- and common-mode terminations should be simulated to represent the auxiliary equipment that would be connected to the cables and represent the required functional impedance.
- Cables not connected to another device may be terminated as follows (see also 7.3.6.3).
 - Coaxial shielded cables shall be terminated with a coaxial termination (usually 50 Ω or 75 Ω).
 - Shielded cables with more than one inner wire should have common- and differential-mode termination according to the EUT manufacturer's specifications. This common-mode termination is to be connected appropriately between the inner wires or their differential-mode termination and cable shield. If no information is available about the common-mode terminations, 150 Ω common-mode terminations should be used.
 - Unshielded cables shall have differential-mode termination according to the manufacturer's specifications.
 - All cables that have been shortened in respect to their maximum lengths declared by the manufacturer and provided with artificial terminations for testing convenience, according to this paragraph, should also be provided with additional 150 Ω common-mode terminations to the test chamber wall or floor.

The following items should be considered with 7.3.6.3.

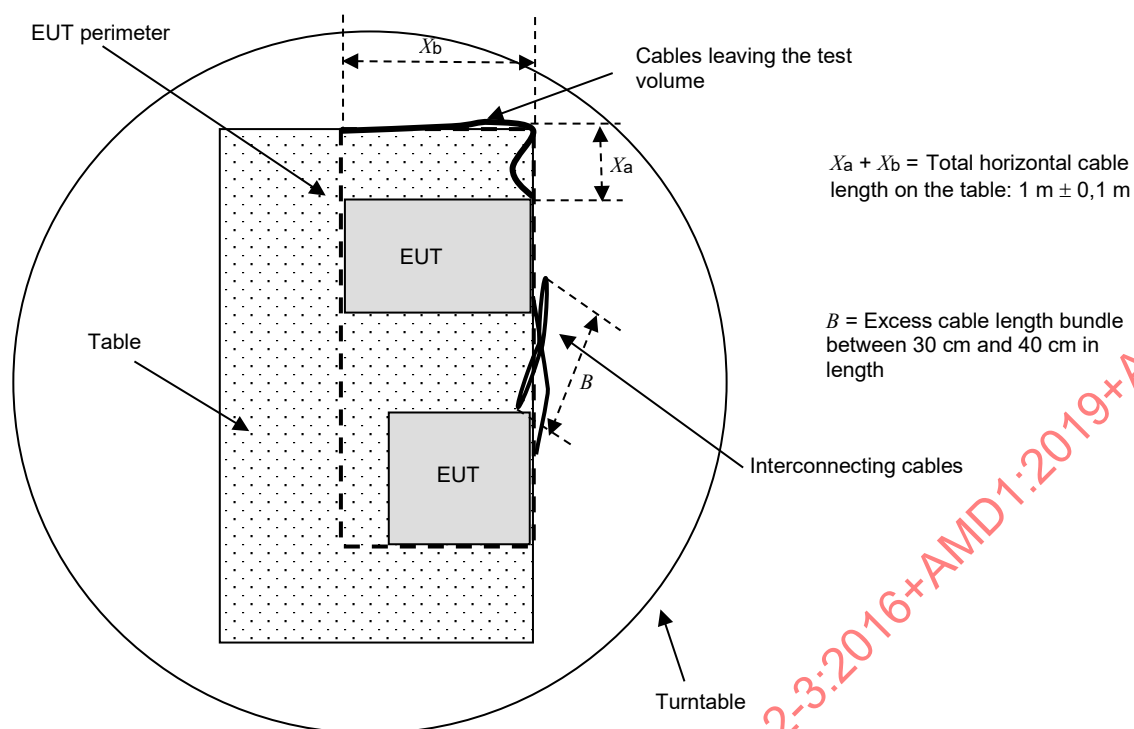
- If the EUT needs associated equipment (AE) to operate properly, special care shall be taken to ensure that the AE does not affect the radiated emissions measurements or the radiated immunity tests. The AE may be located outside the anechoic chamber during testing if proper connecting interfaces are available on the chamber shielding. Measures to prevent RF-leakage into or out of the anechoic chamber through the interconnection cable may be necessary.
- Other methods or equipment used to suppress unwanted emissions from AE shall be located outside the test chamber or beneath the raised floor.
- The test set-up, including cable layout, specifications of attached cables and terminations, use of CMAD(s) on cables leaving the test volume, and other measures taken to suppress emissions from AE outside the test volume, shall be clearly described in the test report.



IEC

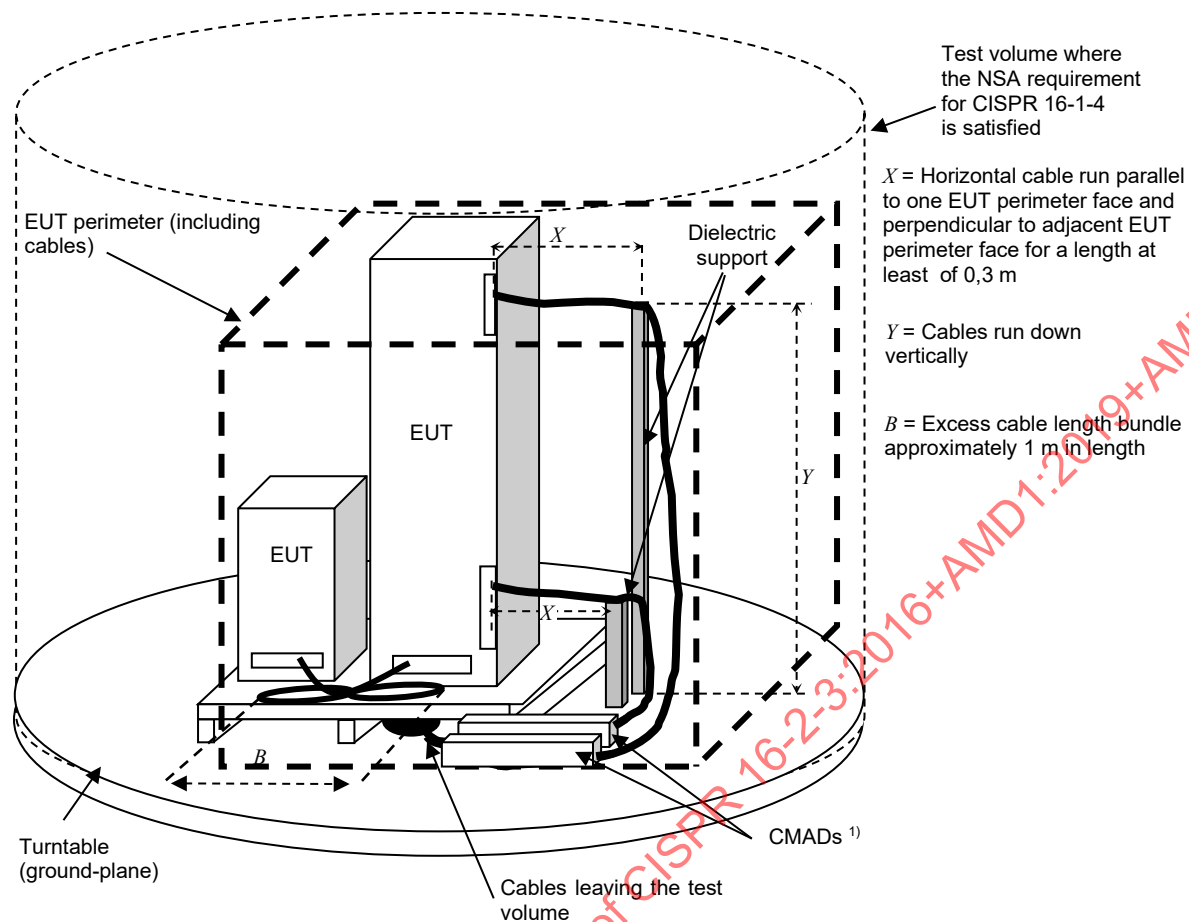
¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 16 – Test set-up for table-top equipment



IEC

Figure 17 – Test set-up for table-top equipment – Top view

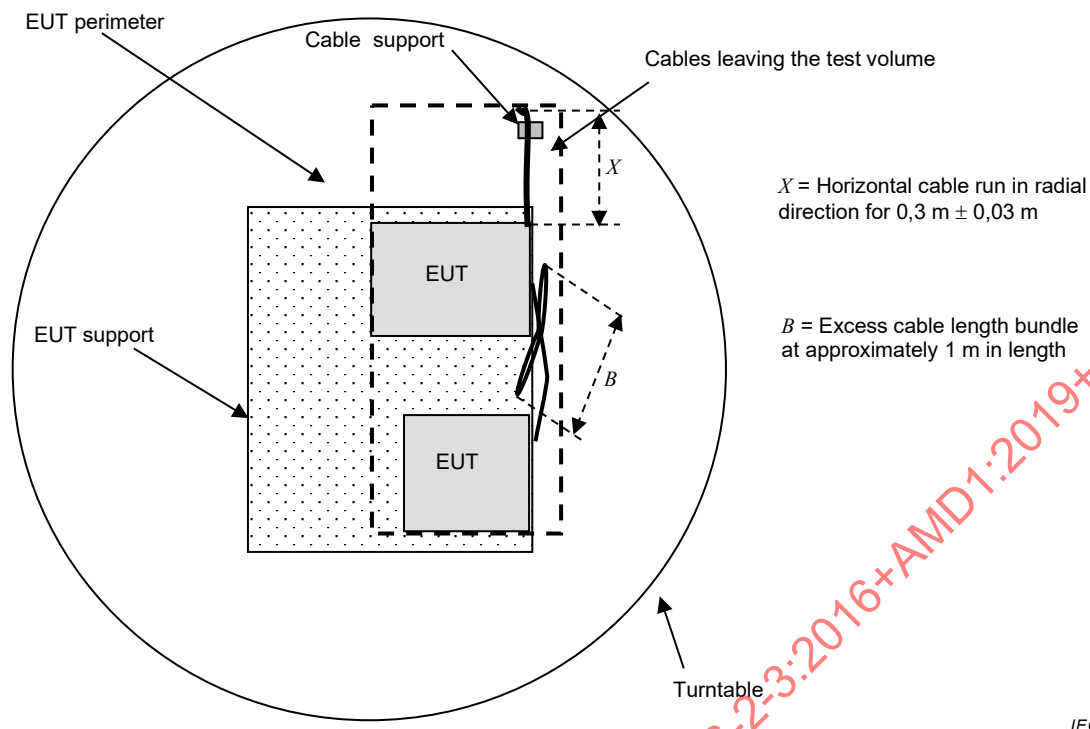


IEC

Note that the bend radius of cables shall not be exceeded to meet the bundled cable length.

¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4; their use shall be documented in the test report.

Figure 18 – Test set-up for floor-standing equipment



Note that the bend radius of cables shall not be exceeded to meet the bundled cable length.

Figure 19 – Test set-up for floor-standing equipment – Top view

7.5.5 Measurement uncertainty for common emission/immunity set-up and method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.6 Fully-anechoic room and absorber-lined OATS/SAC measurements (1 GHz to 18 GHz)

7.6.1 ~~Quantity to measure~~ Measurand

~~The electric field strength emitted by the EUT at the measuring distance is the quantity to be measured. The result shall be expressed in terms of field strength.~~

The quantity to be measured (measurand) is the maximum electric field strength emitted by the EUT as a function of horizontal and vertical polarization over all angles of the azimuth plane with the receive antenna height at the test volume centre at a preferred horizontal distance of 3 m. This quantity shall be determined with the following provisions:

- the frequency range of interest is 1 GHz to 18 GHz;
- the quantity shall be expressed in terms of field strength units that correspond with the units used to express the limit levels of this quantity;
- the measurements shall be performed at an absorber-lined OATS/SAC or FAR test site, and with a positioning table (if applicable), that complies with the validation requirements in CISPR 16-1-4;
- a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1 shall be used;
- the use of alternative measurement distances shall comply with the criteria in 7.6.2 and Table 12 (antenna beamwidth);
- the measurement distance is the horizontal projection of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point to the floor;

- g) the EUT is configured and operated in accordance with the CISPR specifications;
- h) free-space antenna factors shall be used.

In some standards, emission limits above 1 GHz for equipment are expressed in terms of effective radiated power (P_{RE}) in dB(pW). Under free-space far-field conditions, the equation to convert P_{RE} into field strength, in dB(μ V/m), at a 3 m distance is:

$$E_{3m} = P_{RE} + 7,4 \quad (11)$$

For distances d , in m, other than 3 m:

$$E_d = P_{RE} + 7,4 + 20 \lg\left(\frac{3}{d}\right) \quad (12)$$

7.6.2 Measurement distance

The field strength emitted by the EUT is measured at a preferred distance of 3 m. The measurement distance, d , is the horizontal distance between the periphery of the EUT and the receive antenna reference point (see Figure 20). The EUT encompasses all portions of the EUT, including cable racks and support equipment and a minimum cable length of 30 cm.

Other distances may be used in practical situations, i.e.:

- shorter distances in the case of high ambient noise, or to reduce the effect of unwanted reflections, ~~but care should be taken to ensure the measurement distance is greater than or equal to $D^2/(2\lambda)$~~ ; the measurement distance should be greater than or equal to $D^2/(2\lambda)$ so that deviations are not greater than 1 dB, where D is the largest dimension of the radiating source or measurement antenna effective area (at the frequency of interest);
- greater distances for large EUTs to allow the antenna beam to encompass the EUT.

Because dominant components of the EUT disturbance signals may be assumed to be incoherent and radiated from a point source, the minimum distance mentioned above, i.e. $D^2/(2\lambda)$, is to be established using the measuring antenna dimensions, and not the EUT dimensions.

In many cases the largest dimension of the measurement antenna (e.g. DRH or LPDA antenna) does not determine the radiation characteristics. For more realistic values, rather than the largest dimension of the antenna, the measurement antenna effective area, A_e , at the frequency of interest can be used to determine D^2 ($\approx A_e = \lambda^2 G/4\pi$, where G is the isotropic antenna gain) for calculation of the minimum measurement distance.

If measurements are carried out at a distance other than 3 m, the measurement distance shall be greater than or equal to 1 m and less than or equal to 10 m. In such a case, the measurement data is to be adjusted to a 3 m distance, assuming free-space propagation. Users are advised that comparison of measurements at different distances and extrapolation of results typically will not correlate as well as measurements made at the same distance. Standards or specifications that reference this test method should identify a preferred measurement distance.

7.6.3 Set-up and operating conditions of the equipment under test (EUT)

As a general guideline, test set-ups and operating conditions of the EUT shall be the same as those used below 1 GHz. Whenever possible, the test set-up should be representative of the most typical configuration of the EUT (table-top, floor-standing, rack-mounted, wall-mounted, etc.).

The test set-up should also consider that for measurements above 1 GHz absorbers are typically required on the floor between the antenna and EUT. Whenever practical, for emission measurements above 1 GHz the EUT should be raised above the height of the absorbers. If it is not possible to raise the entire EUT above the absorbers (i.e. for rack-mounted or floor-standing equipment), efforts should be made to configure the EUT (within a rack or chassis, for example) such that the radiating elements are located above the absorbers. The EUT shall be located in the test volume established during site validation, as described in CISPR 16-1-4. If it is not practical and safe to raise the EUT or its radiating elements above the absorber height, the maximum extent of the EUT that is permitted to be located below the highest point of the absorbers is 30 cm (see 7.6.6.1 and Figure 20).

The actual EUT configuration and set-up used shall be documented in the test report with photographs or diagrams clearly showing the location of the EUT with respect to the facility floor or turntable surface, absorber placement on the floor (height and location) and receive antenna location.

7.6.4 Measurement site

The measurement site shall comply with the requirements described in CISPR 16-1-4.

7.6.5 Measurement instrumentation

The measurement instrumentation shall comply with the requirements described in CISPR 16-1-1 and CISPR 16-1-4.

Measurements to verify compliance with a peak limit shall be conducted with ~~the peak measuring spectrum analyzer or receiver~~ a measuring receiver with peak detector using a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined CISPR 16-1-1.

~~Measurements to verify compliance with an average limit shall be conducted with a peak measuring spectrum analyzer using a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) and a reduced video bandwidth, set as defined in CISPR 16-1-1. The value of video bandwidth required for an average measurement shall be less than the lowest spectral component of the input signals to be measured.~~

Measurements to comply with a linear average limit shall be performed using a measuring receiver with linear average detector and a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined in CISPR 16-1-1.

Measurements to comply with a logarithmic average limit shall be performed using a measuring receiver with logarithmic average detector and a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined in CISPR 16-1-1.

NOTE A spectrum analyzer can be used to perform average measurements by setting the display mode to linear and the video bandwidth to a value that is lower than the lowest spectrum component of the input signal to be measured. For example, if the input signal has a 1 kHz pulse repetition frequency (PRF), for a video bandwidth less than 1 kHz, only the d.c. component of the signal (i.e. the average value) will pass through the video filter.

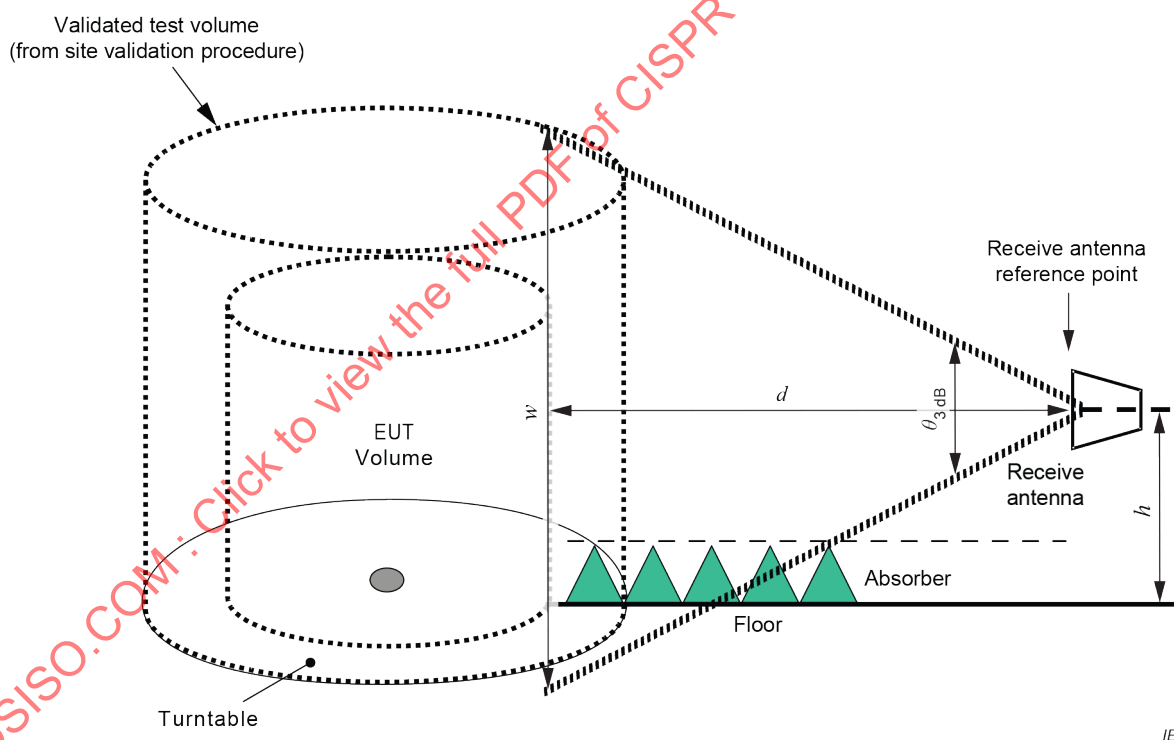
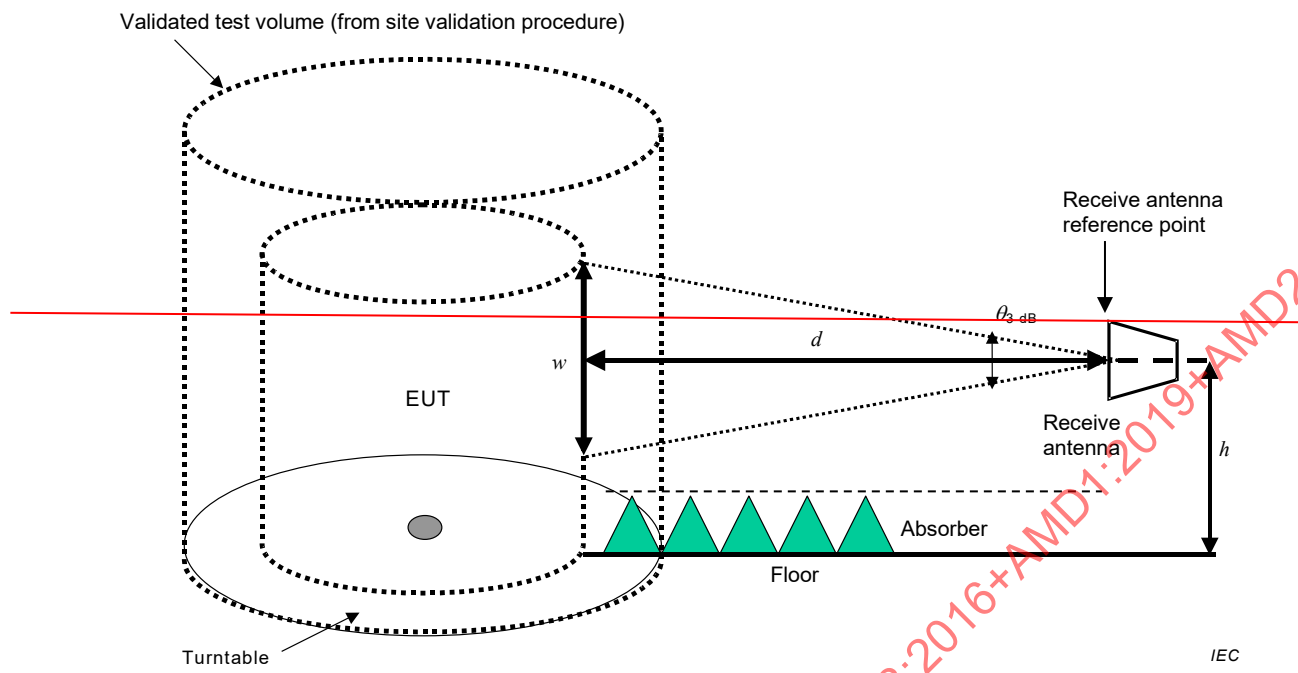
~~The use of other types of linear average detectors that comply with these requirements is allowed. In general, the spectrum analyzer shall be set to linear display mode when performing average measurements, not the logarithmic display mode. The sweep time of the spectrum analyzer shall be increased, due to the use of narrower video bandwidths, to ensure accurate measurement results. The logarithmic mode is permitted for average measurements when the specification limits assume a logarithmic detector will be used.~~

7.6.6 Measurement procedure

7.6.6.1 General description of the radiated field-strength measurement method above 1 GHz

The radiated field measurement method above 1 GHz is based on measurement of the maximum electric field emitted from the EUT, with a set-up as shown in Figure 20.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV



NOTE The anechoic material placed on the ground plane is for illustration purposes only. Consult CISPR 16-1-4 for more detailed guidance about placement of absorber to comply with the site validation requirements.

Figure 20 – Measurement method above 1 GHz, receive antenna in vertical polarization

The following descriptions apply to the parameters and terms given in Figure 20.

- Validated test volume: the volume evaluated during the site validation procedure (see CISPR 16-1-4). Typically, this determines the largest diameter EUT that can be tested in the facility.

- EUT (volume): ~~the smallest diameter cylinder that will fully encompass all portions of the actual EUT, including cable racks and a minimum length of 30 cm of cables~~ cylinder defined by EUT boundary diameter and height that fully encompasses all portions of the actual EUT, including cable racks and 0,3 m of cable length (as defined in 3.1.33 of this document). The EUT that is located within this cylinder shall be capable of rotating about its centre (typically by a remotely controlled turntable). The EUT shall be located within the validated test volume. A maximum of 30 cm of w (see definition of w below) may be below the height of absorbers on the floor only when the EUT is floor-standing and cannot be raised above the height of the absorbers (see 7.6.3).
- $\theta_{3\text{ dB}}$: Minimum 3 dB beamwidth of the receive antenna at each frequency of interest. $\theta_{3\text{ dB}}$ is the minimum of both the E -plane and H -plane values at each frequency. $\theta_{3\text{ dB}}$ may be obtained from manufacturer-provided data for the receive antenna.
- d : The measurement distance (in meters). This is measured as the horizontal distance between the periphery of the EUT volume and the reference point of the receive antenna.
- w : The dimension of the line tangent to the EUT volume formed by $\theta_{3\text{ dB}}$ at the measurement distance d . Equation (13) shall be used to calculate w for each actual antenna and measurement distance used. The values of w shall be included in the test report. This calculation may be based on the manufacturer-provided receive-antenna beamwidth specifications:

$$w = 2d \tan(0,5 \theta_{3\text{ dB}}) \quad (13)$$

~~w shall be of the minimum dimension as specified in Table 4.~~

- h : Height of the receive antenna, measured from its reference point to the floor.

~~Table 4 specifies the minimum acceptable dimension of w (w_{min}). The minimum requirements shown in Table 4 are calculated from Equation (13) based on testing at the minimum permitted measurement distance of 1 m specified in 7.6.2, and the values of $\theta_{3\text{ dB}(\text{min})}$ shown. The selection of measurement distance d and antenna type shall be made such that w is equal to or greater than the values shown in Table 4 at any frequency where the field is measured. At frequencies not shown in Table 4, the limit of w_{min} shall be linearly interpolated between the nearest two frequencies listed. Table 5 gives example values of w calculated using Equation (13) for three antenna types, at measurement distances of 1 m, 3 m, and 10 m.~~

The selection of measurement distance d and antenna type shall be made such that w is greater than or equal to the EUT volume height at any field strength measurement frequency. Table 5 gives example values of w calculated using Equation (13) for three antenna types, at measurement distances of 1 m, 3 m, and 10 m.

~~The maximum emission is measured by moving the receive antenna in height along with rotation of the EUT in azimuth (0° to 360°). The required range of height investigation is specified below and illustrated in Figure 21 for two typical categories of EUTs.~~

Table 4 – Minimum dimension of w ($w_{\min}$)

Frequency GHz	$\theta_{3\text{ dB}, \min}$	$w_{\min}$ m
1,00	60	1,15
2,00	35	0,63
4,00	35	0,63
6,00	27	0,48
8,00	25	0,44
10,00	25	0,44
12,00	25	0,44
14,00	25	0,44
16,00	5	0,09
18,00	5	0,09

a) The dimension, w , is permitted to be larger than the minimum shown, and other antennas and distances may be used to satisfy the minimum required value of $w = w_{\min}$ shown, provided that Equation (13) is met.

b) Because both polarizations are required to be measured for each height of the receive antenna, w forms a minimum square observation area equal to w^2 (m²).

c) In some cases, w may encompass multiple physical components of the EUT that are physically separated. For example, multiple separate cabinets of a multi-cabinet system that are tested simultaneously.

d) The height scan requirement depends on w such that it may be advantageous to maximize w by selection of a wider beamwidth antenna and a larger measurement distance than the minimum requirements shown.

e) The pattern and beamwidth of the antenna used can affect the measurement result. The antenna has at least two influence factors in addition to uncertainty in the antenna factor: 1) ripple or other anomalies in the antenna pattern, and 2) beamwidth differences between antennas, which may give different results depending on how many (constructive) emissions emanating from separate physical locations on the EUT fall within the antenna beamwidth.

Table 5 – Example values of w for three antenna types

Frequency GHz	DRG horn				LPDA or LPDA-V ^a			
	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$
		w m	w m	w m		w m	w m	w m
1,00	60	1,15	3,46	11,55	60	1,15	3,46	11,55
2,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
4,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
6,00	27	0,48	1,44	4,80	55	1,04	3,12	10,41
8,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
10,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
12,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
14,00	25	0,44	1,33	4,43	45	0,83	2,49	8,28
16,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28
18,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28

^a LPDA-V: V-type log periodic dipole array. The values shown for $\theta_{3\text{ dB}}$ and w are typical of both the LPDA and LPDA-V. However, these antennas typically have different gains.

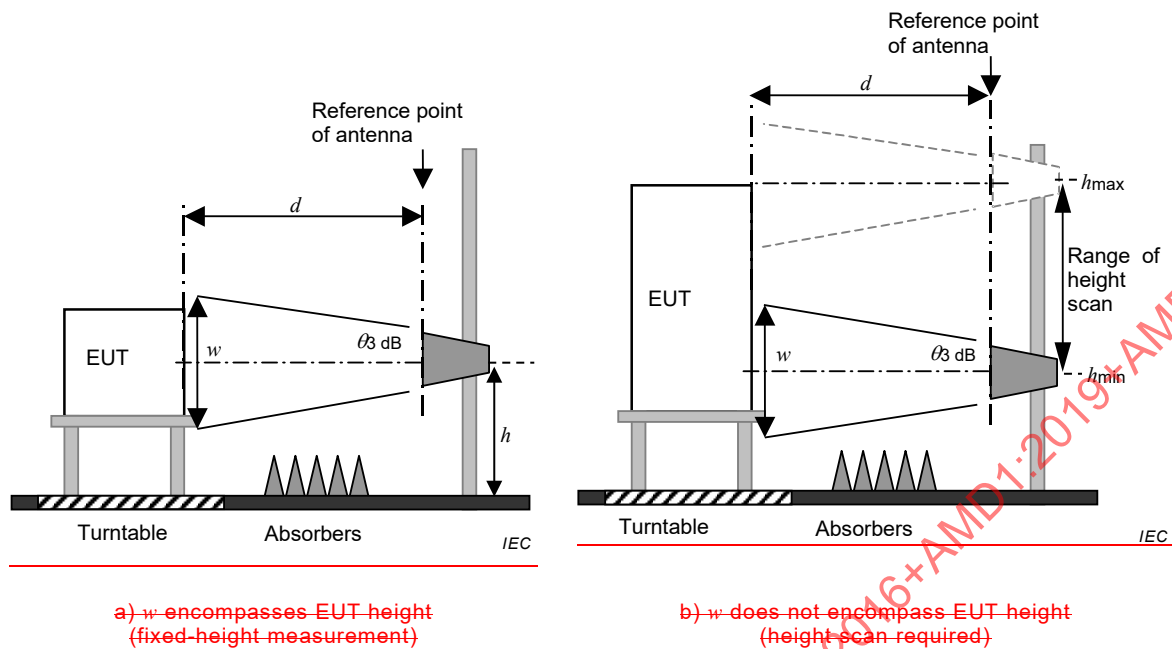


Figure 21 – Illustration of height scan requirements for two different categories of EUTs

For any EUT with maximum dimensions equal to or smaller than w , the centre of the receive antenna shall be fixed at the height of the centre of the EUT (Figure 21 a)). For any EUT with a maximum vertical dimension larger than w , the centre of the antenna shall be scanned vertically along the line parallel to w , as shown in Figure 21 b). The required scanning range for h is 1 m to 4 m. If the EUT height is less than 4 m, scanning the centre of the receive antenna to heights above the top of the EUT is not required. In both cases the fixed height, h , or the range of heights investigated shall be recorded in the test report.

When a height scan is required per the above paragraph, a continuous height scan within the required height range is recommended, to obtain the final, maximum emission. If stepped height increments are used, caution is advised to ensure that the height increments are sufficiently small in order to capture the maximum emission.

NOTE Due to the EUT radiation pattern in the vertical direction, the measurement result can vary with antenna height. Therefore antenna height variation, while keeping the EUT volume within the antenna beamwidth, can improve reproducibility.

Regarding the horizontal extent of w , the EUT is not required to be fully within w . In cases where the EUT width is larger than w , the EUT shall be centred horizontally on the measurement axis, and rotation of the EUT provides the necessary horizontal scan for the determination of the maximum field strength. Horizontal line (sideways, transverse) scanning by moving the receive antenna horizontally off the measurement axis is not required, but may be used if specified in a product standard.

Regarding the horizontal extent of w , the width of the EUT volume shall be fully within w .

7.6.6.2 Measurements using conventional (non-statistical) detectors

7.6.6.2.1 General measurement procedure

For any EUT, the frequencies of emission should first be detected by a preliminary emission maximization procedure (see 7.6.6.2.3). Then the final emission test is performed (see 7.6.6.2.4). Both of these measurements are to be made preferably at the specific limit distance. If, for any justified reason, the final measurement is performed at a distance other than the limit distance, a measurement at the limit distance should be made first, to help in interpreting the resulting data.

In performing these measurements, the sensitivity of the measurement equipment relative to the limit shall be determined before the test. If the overall measurement sensitivity is inadequate, low-noise amplifiers, closer measurement distances or higher-gain antennas may be used. If closer measurement distances or higher gain antennas are used, the beam width versus size of the EUT shall be accounted for. Also, measurement system overload levels shall be determined to be adequate when preamplifiers are used.

Burn-out and saturation protection for the measuring instrumentation is required when low-level emissions are to be measured in the presence of a high level signal. A combination of band-pass, band-stop, low-pass and high-pass filters may be used. However, the insertion loss of these or any other devices at the frequencies of measurement shall be known and included in any calculations in the report of measurements.

NOTE A simple method of determining whether non-linear effects (overload, saturation, etc.) occur, consists of inserting a 10 dB attenuator at the input of the measurement instrument (ahead of any pre-amplifier if one is used) and verifying that the amplitude of all the harmonics of the high-amplitude signal (that may cause non-linear effects) is reduced by 10 dB.

7.6.6.2.2 Conditional testing procedure

If the highest internal frequency of the EUT (see 3.1.27) is less than 108 MHz, emissions shall be measured at least up to 1 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is between 108 MHz and 500 MHz, emissions shall be measured at least up to 2 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is between 500 MHz and 1 GHz, emissions shall be measured at least up to 5 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is above 1 GHz, emissions shall be measured up to the lower of 5 times the highest internal frequency or the highest frequency at which the limits are defined.

7.6.6.2.3 Preliminary measurement procedure

The procedures of this subclause are for informative purposes – normative measurement requirements are listed in 7.6.6.2.4. The maximum radiated disturbance for a given mode of operation may be found during a preliminary test. To minimize measurement time, it is suggested to first perform measurements using peak detection, and then compare the test results to the average limit. Subsequent measurements with the average detector and comparison of results to the average limit will only be performed in those frequency ranges where the average limit was exceeded by data collected with peak detection.

Guidelines for a preliminary procedure to identify the radiated disturbance are as follows.

- Use scan or sweep mode over the complete frequency range of the antenna using peak detection and maximum-hold mode.
- Determine the proper sweep or scan time to ensure adequate signal interception.
- If necessary, during preliminary tests, reduce the resolution bandwidth in sweep mode to reduce the displayed noise level of the measuring receiver. Note that this may reduce the amplitude of broadband disturbance, so additional investigations to determine whether the disturbance is broadband or narrowband may be necessary.
- Rotate the EUT continuously or in increments of 15° or less, then repeat for the other polarization. The EUT should be rotated 360° in azimuth for both polarizations to determine the maximum disturbance at each frequency of interest.
- For continuous turntable rotation mode, set the measuring receiver sweep time such that the selected frequency span can be swept within a time that is equal to or less than the time needed for the turntable to rotate 15°. If the rotational speed of the turntable is such that an

angle larger than 15° is covered during a complete sweep or scan of the measuring receiver, a smaller frequency range should be used to reduce measuring receiver sweep time and to achieve the maximum 15° turntable rotation per sweep.

- f) As needed to identify the frequencies corresponding to the maximum disturbance, apply the method described above ~~for all the height levels required by 7.6.6.1 (and Figure 21), and~~ for the various operating modes of the EUT.
- g) To further evaluate the frequencies found in steps a) to d), use a small frequency span (typically 5 MHz or less) and investigate around frequencies near the limit using additional smaller turntable increments ~~and height steps~~. Typically, all frequencies within approximately 10 dB of the specification limit warrant further investigation with a narrow frequency span and additional finer rotation ~~/height~~ increments.

7.6.6.2.4 Final measurement procedure

The field strength emitted by the EUT at the given measurement distance is measured using the configuration (antenna height, EUT azimuth, etc.) producing the maximum disturbance, as identified during the preliminary disturbance maximization. Final measurements shall be done using the EUT operational mode identified by preliminary measurements to have the highest disturbance.

This final measurement shall be the result of a maximum hold on the measuring receiver during a given time proportional to the frequency span used. This given time should be defined for each product or product family, taking into account the duration of the operating modes and the time constants associated with each specific product to be tested. Final measurements shall be performed using all required detectors. Alternatively, peak measurement results may be used to demonstrate compliance with all specified limits.

If the configuration of the EUT (antenna height, EUT azimuth, operation mode, etc.) producing the maximum disturbance was not conclusively determined by a preliminary measurement the following additional measurements shall be done:

- a) for any EUT with maximum dimension equal to or smaller than w , the centre of the receiving antenna shall be fixed at the height of the centre of the EUT ~~(see Figure 21a))~~;
- b) ~~for any EUT with maximum vertical dimension larger than w , height scanning shall be performed in accordance with the height scan requirements (upper and lower bounds) specified in 7.6.6.1;~~
for any EUT volume with maximum vertical dimension larger than w , the measurement distance d shall be increased to 5 m or to 10 m such that the EUT is encompassed by the receive antenna beamwidth. The antenna beamwidth shall be known. The test site shall be validated for the measurement distance applied for final measurements. Free-space far-field propagation shall be assumed, and the measured field strength shall be adjusted to the preferred distance of 3 m using Equation (22).

$$E_{3\text{ m}} = E_d + 20\lg(d/3) \quad (22)$$

where

$E_{3\text{ m}}$ is the field strength in dB(μV/m) at 3 m distance

E_d is the field strength in dB(μV/m) at distance d

and the factor 3 in the denominator of the lg argument is the 3 m reference distance.

- c) in all cases, in order to find the maximum disturbance, the EUT shall be rotated in azimuth through all angles in the range of 0° to 360°, and the measurements shall be performed for both horizontal and vertical polarizations.

In summary, the requirements for final measurements above 1 GHz are as follows.

The maximum disturbance shall be recorded from the following required investigations, some of which may be performed during the preliminary measurement procedure:

- 1) the EUT shall be rotated in azimuth through all angles from 0° to 360° either by a turntable or movement of the receive antenna around the volume;

If a preliminary measurement was performed with azimuth steps of $1^\circ < a \leq 15^\circ$, the final measurement shall include an azimuth search continuous through all angles of at least $\pm a$ around the azimuth angle found in the preliminary measurement, where a is the azimuth angle.

- 2) ~~the receive antenna shall be height-scanned if the EUT height is larger than w in the vertical direction~~
the measurement distance shall be increased if the EUT volume (diameter and height) is larger than w at the preferred distance.
- 3) both horizontal and vertical polarizations shall be investigated.

7.6.6.3 Measurements using APD (statistical) function

7.6.6.3.1 General

The measurement of the amplitude probability distribution (APD) of a disturbance signal provides a statistical characterization of the disturbance signal in question. Background material on the application of the APD-measuring function is provided in 4.7 of CISPR TR 16-3:2014 [2]. A product committee may choose the APD measurement as the method to be used for final emission testing. The APD measurement shall be made at those frequencies where the EUT generates high disturbance field strengths. The number and selection method of frequencies shall be established by a product committee.

The APD measurement shall be made using one of the following two methods. The first method is for measurement of the disturbance level E_{meas} in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) related to the specified probability of time p_{limit} , designated as Method 1 (see 7.6.6.3.2). The second method is the measurement of the probability of time p_{meas} during which the disturbance envelope exceeds a specified level E_{limit} in dB($\mu\text{V}/\text{m}$), designated as Method 2 (see 7.6.6.3.3). Additional information and figures are given in Annex D to show the specifics of the two APD measurement methods.

If a product committee decides to use the APD approach, either Method 1 or Method 2 shall be selected. If the APD measuring instrument does not include an A/D converter, only Method 2 shall be used. If the APD measuring instrument includes an A/D converter, either Method 1 or Method 2 may be used.

The number of pairs of limits (E_{limit} , p_{limit}) and their values shall be specified by the product committee. The product committee shall also decide whether to also use a peak limit together with the APD limits.

7.6.6.3.2 Method 1 – Measurement of the level of disturbance

The measurement shall be performed using the following procedure.

- 1) Set the resolution bandwidth (RBW) and the video bandwidth (VBW) of the spectrum analyzer according to CISPR 16-1-1 (for measurements above 1 GHz).
- 2) Find the frequencies at which high disturbances are observed. This can be accomplished by using the maximum hold function in the frequency span of interest. Peak detection shall be used when applying this procedure.

NOTE In cases where narrowband emissions are hidden by broadband emissions, the maximum hold mode in combination with the peak detector may overlook narrowband emissions. Therefore, an additional measurement may be needed to find the frequencies of the narrowband emissions to be measured. The product committee may require additional sweeps using the average detector or digital video averaging. Furthermore, the number of frequencies for the APD measurement may also be specified by the product committee.

- 3) Determine the frequencies for the APD measurement. The number of the frequencies shall be specified by the product committee.

- 4) Set the centre frequency of the spectrum analyzer to the frequency at which the highest level is observed during the application of step 2) of this procedure.
- 5) Set the reference level of the spectrum analyzer to minimum 5 dB above the maximum level of disturbance that is obtained in step 2).
- 6) Set the spectrum analyzer to the zero frequency span mode and measure the APD of disturbance during the measurement time that is specified by the product committee. The measurement time shall be longer than the period of the disturbance.
In case of fluctuating disturbance frequencies, the product committee shall specify the frequency range XX (in MHz) in which the APDs of the disturbance shall be measured. APDs within the range XX MHz shall be measured with a 1 MHz frequency step size. However, for frequency ranges with APD measurement values that are greater than -6 dB from the APD limit, additional measurements may be needed with a smaller frequency step size (e.g. 0,5 MHz). The product committee shall define the smaller frequency step size.
- 7 Change the centre frequency of the spectrum analyzer to the next frequency determined in step 2), then repeat the procedures of steps 4) to 6) until the APD measurements for all frequencies are carried out.
- 8) Read the disturbance level E_{meas} in dB($\mu\text{V/m}$) related to the specified probability p_{limit} from the results of step 6).
- 9) Compare E_{meas} dB($\mu\text{V/m}$) against the limit E_{limit} dB($\mu\text{V/m}$). The EUT complies if E_{meas} is less than or equal to E_{limit} at all frequencies.

7.6.6.3.3 Method 2 – Measurement of the probability of time

The measurement shall be performed using the following procedure.

Steps 1), 2), 3), 4), 5) and 7) of Method 2 are the same as the corresponding steps of Method 1 (7.6.6.3.2).

For Method 2, modify step 6), step 8), and step 9) of Method 1 as follows:

- 6) Set the spectrum analyzer to the zero frequency span mode and measure the APD (or measure the probability p_{meas} related to the specified levels directly) of the disturbance during the measurement time that is to be specified by the product committee.
- 8) Read the probabilities p_{meas} during which the disturbance envelope exceeds a specified level E_{limit} in dB($\mu\text{V/m}$) from the results of step 6).
- 9) Compare p_{meas} against the limits p_{limit} . The EUT complies if p_{meas} is less than or equal to p_{limit} at all frequencies.

7.6.7 Measurement uncertainty for FAR

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.7 *In situ* measurements (9 kHz to 18 GHz)

7.7.1 Applicability of and preparation for *in situ* measurements

In situ measurements may be necessary for the investigation of an interference problem at a particular location, i.e. where electrical equipment is suspected of causing interference to radio reception in its vicinity. Where allowed by the relevant product standard, *in situ* measurements may be made for the evaluation of compliance, if it is not possible for technical reasons to make radiated emission measurements on a standard test site. Technical reasons for *in situ* measurements are excessive size and/or weight of the EUT or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. *In situ* measurement results of an EUT type will normally deviate from site-

to-site or from results obtained on a standard test site and can therefore not be used for type testing.

NOTE In general, however, due to imperfections such as mutual coupling between the conductive structures present in the *in situ* environment, which may also be more or less corrupted by ambient electromagnetic fields, and the measuring antenna/equipment under test, *in situ* measurements cannot fully replace measurements on a suitable test site (open-area test site or alternative test site, for example (semi-) anechoic chamber) as specified in CISPR 16-1-4.

The EUT usually consists of one or more devices and/or systems, is part of an installation, or is interconnected with an installation. A perimeter connecting the outer parts of the EUT is usually taken as the reference point to determine the measurement distance. In some product standards, the exterior walls or boundaries of business parks or industrial areas are taken as the reference points.

Preliminary measurements shall be made to identify the frequency and amplitude of the disturbance field strengths amongst the ambient signals taking into account the potential sources of interference (for example, oscillators) in the EUT. For these measurements the use of a spectrum analyzer is recommended in place of a receiver because a large frequency spectrum can be analysed. For the identification of the frequency and amplitude of the disturbance signals the use of a current probe on the connected cables, or near-field probes or the measurement antennas placed closer to the EUT, is recommended.

Measurements shall also be made on selected frequencies to determine, where possible, the modes of operation in which the EUT generates the highest disturbance field strengths. The subsequent measurements shall be made with the EUT in these modes of operation.

Where the EUT is a piece of equipment for which the operating mode cannot be switched independently of the operation of other equipment, the selection of conditions producing the highest disturbances may be infeasible. For some equipment and operating modes, these conditions may be dependent on time, particularly if operations are cyclic. In such cases, the period of observation should be chosen to approach the conditions producing the highest disturbances.

Measurements shall be made around the EUT at approximately the same measurement distance on each of the selected frequencies to determine the direction of the highest disturbance field strength. The EUT should be tested in at least three different directions. The final disturbance field-strength measurements on each frequency shall be made in the directions of the highest disturbance field strengths, which may vary from frequency to frequency, taking into account the local (ambient) conditions. The highest disturbance field strengths shall be measured with the antenna in vertical and horizontal polarization. If the ratio of the measured disturbance field strength to any ambient emission is lower than 6 dB, the measurement methods described in Annex A can be used.

7.7.2 Field-strength measurements *in situ* in the frequency range 9 kHz to 30 MHz

7.7.2.1 Measurement method

The magnetic disturbance field strength shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength.

The horizontally-polarized disturbance field strength shall be measured at the standard measurement distance d_{limit} using a loop antenna as described in 4.3.2 of CISPR 16-1-4:2010/2019 at a height of 1 m (between the ground and lowest part of the antenna). The maximum disturbance field strength shall be determined by rotating the antenna.

For the measurement of the maximum disturbance field strength along radial lines arranged in any direction, the antenna should be oriented in three orthogonal directions, and the measured field strength is calculated by

$$E_{\text{sum}} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

In cases where limits are given for the E -field equivalent but the measured field strengths are the magnetic components, the H field strength can be converted to the corresponding E field strength using the free space impedance of $377 \, \Omega$ by multiplying the H field reading by 377. The H field in this case is given by

$$H_{\text{sum}} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$$

This H field value can be used directly in cases where limits are directly given for the magnetic field strength.

If the antenna cannot be oriented in three orthogonal directions, it can be turned by hand in the direction of maximum reading for the measurement of the maximum disturbance field strength.

7.7.2.2 Measurement distances other than the standard distance

If it is not possible to adhere to the standard distance d_{limit} , as specified in the product or generic standard, the measurements should be made at distances either less or greater than the standard measuring distance in the direction of the maximum radiation. At least three measurements at different measuring distances less or greater than the standard measuring distance shall be used, if it is not possible to use the standard distance.

The measurement results (in decibels) shall be plotted as a function of the measurement distance on a logarithmic scale. One line shall be drawn to join up the measurement results. This line represents the decrease in the field strength and can be used to determine the disturbance field strength at distances other than the measurement distance, for example, at the standard distance.

7.7.3 Field-strength measurements *in situ* in the frequency range above 30 MHz

7.7.3.1 Measurement method

The disturbance electric field strength shall be measured in the direction of maximum radiation at the standard distance with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. The maximum horizontally- and vertically-polarized disturbance field strengths shall be measured using broadband antennas with, as far as practicable, a variable height of 1 m to 4 m. The highest value shall be taken as the measured value.

It is recommended that biconical antennas be used for measurements in the frequency range up to 200 MHz, and log-periodic antennas for measurements in the frequency range above 200 MHz. The distance between the measuring antenna and any nearby metallic elements (including cables) should be greater than 2 m.

7.7.3.2 Measurement distances other than the standard distance

The standard measurement distance d_{std} is specified in the product or generic standard. If it is not possible to adhere to the standard measurement distance, the disturbance field strength shall be measured in different measuring distances as described in 7.7.2.2. A height scan of the antenna shall be used for each measurement. The disturbance field strength at the standard distance d_{std} shall be determined according to 7.7.2.2 by plotting the measured field strength as a function of the measurement distance on a logarithmic scale.

If it is not possible to measure at varying distances, and the measurement distance refers to the outer wall of a building or the border of the premises, the measurement results shall be converted to the standard distance using Equation (14).

$$E_{\text{std}} = E_{\text{meas}} + 20 n \lg \frac{d_{\text{meas}}}{d_{\text{std}}} \quad (14)$$

where

- E_{std} is the field strength at the standard distance in dB(μV/m) for comparison with the emission limit;
- E_{meas} is the field strength at the measurement distance in dB(μV/m);
- d_{meas} is the measurement distance in metres;
- d_{std} is the standard distance in metres.

The factor n depends on the distance d_{meas} as follows:

- if $30 \text{ m} \leq d_{\text{meas}}$, $n = 1$;
- if $10 \text{ m} \leq d_{\text{meas}} < 30 \text{ m}$, $n = 0,8$;
- if $3 \text{ m} \leq d_{\text{meas}} < 10 \text{ m}$, $n = 0,6$.

NOTE $n < 1$ accommodates the difference between the measuring distance and the distance to the EUT.

Measurement distances closer than 3 m shall not be used.

If it is not possible to measure at varying distances, and Equation (14) is not used because the measurement distance does not refer to the outer wall of a building or boundary of premises, the field strength should be determined by measurement of the radiated disturbance power (see 7.7.4).

7.7.4 *In situ* measurement of the disturbance effective radiated power using the substitution method

7.7.4.1 General measurement condition

The substitution method can be used without additional conditions if, and only if, the EUT can be switched off and if the EUT can be removed for the substitution.

If the EUT cannot be removed, and if its front face is a large plane surface, the effect of this face on the substitution shall be accounted for (see Equation (14)). If the front surface of the EUT does not fit into a two-dimensional plane in the measurement direction, the additional measurement uncertainty is not considered.

If the EUT cannot be switched off, it is still possible to use the substitution method to measure the radiated power of a disturbance from the EUT at a particular frequency, by using a nearby frequency at which the field strength of the disturbance from the EUT is at least 20 dB below that of the frequency of interest ("nearby" means within one or two receiver IF-bandwidths). The frequency selected should, where possible, be chosen with regard to possible interference to radio services.

7.7.4.2 Frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz

7.7.4.2.1 Measurement distance

The measurement distance chosen shall be such that the measurement is made in the far field. This requirement is generally met, if:

- d is greater than $\lambda/(2\pi)$ and

$$\bullet \quad \cancel{d \geq 2D^2/\lambda} \quad d \geq D^2/2\lambda \quad (15)$$

where

- d is the measurement distance in m;
- D is the maximum dimension of the EUT with cabling in m;
- λ is the wavelength in m;

or if measurement distance d is equal to or greater than 30 m. In the far field, the exponent n in Equation (14) may be assumed to be one (1). If a shorter measurement distance is chosen, this assumption can be validated by using the procedure of 7.7.3.2 to verify that the field strength falls off inversely with distance. If the local conditions require that a shorter measurement distance be chosen, this shall be indicated.

7.7.4.2.2 Measurement method

The effective radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. The measurement distance shall be chosen according to 7.7.4.2.1 and the highest disturbance field strength on the selected frequency determined by varying the antenna height at least in the range of 1 m to 4 m as far as practicable.

For measurement of the effective radiated disturbance power, the following steps a) to g) shall be used.

- a) The EUT shall be disconnected and removed. A half-wave dipole or antenna with similar radiation characteristics and known gain G , relative to a half-wave dipole is substituted in its place. If it is impractical to remove the EUT, a half-wave or broadband dipole (in the frequency range lower than about 150 MHz to minimize mutual coupling to the EUT) is positioned in the vicinity of the EUT. The vicinity is a range up to 3 m.
- b) The half-wave (or broadband) dipole shall then be fed by a signal generator operating on the same frequency.
- c) The position and polarization of the half-wave dipole (or broadband antenna) shall be such that the measuring receiver receives the highest field strength. If the EUT is not removed, then, if possible, it shall be switched off and the dipole is moved in a range up to 3 m around the EUT.
- d) The power of the signal generated shall be varied until the measuring receiver shows the same reading as when the highest disturbance field strength from the EUT was measured.
- e) If the EUT constitutes the front of a large plane surface (e.g. a building with a cable-TV network), the substitution antenna (half-wave dipole) is positioned about 1 m in front of the large plane surface (e.g. the front wall of a building). The location of the substitution measurement shall be selected such that an imaginary line between the substitution antenna and the measuring antenna is perpendicular to the direction of the face of the building.
- f) The height, polarization and distance between the half-wave dipole (or broadband antenna) and the plane surface shall be varied such that the receiver displays the highest field-strength reading.
- g) The power of the signal generator shall be varied as in d).

For removed EUTs, and EUTs that cannot be removed (see steps a) and c), respectively), the power at the signal generator, P_g , plus the gain of the transmit antenna relative to a half-wave dipole, G , yields the effective radiated disturbance power, P_r , to be measured:

$$P_r = P_g + G \quad (16)$$

For EUTs having a large plane surface (e.g. buildings with telecommunication networks), the increase in gain of the dipole positioned in front of this surface is given by:

$$P_r = P_g + G + 4 \text{ dB} \quad (17)$$

where

P_r is in dB(pW);

P_g is in dB(pW); and

G is in dB.

The effective radiated disturbance power can be used to calculate the disturbance field strength at the standard measurement distance d_{std} . The free-space field strength E_{free} shall be calculated using the following equation:

$$E_{\text{free}} = \frac{7\sqrt{P_r}}{d_{\text{std}}} \quad (18)$$

where

E_{free} is in $\mu\text{V/m}$;

P_r is in pW and

d_{std} is in m.

If the calculated free-space field strength of Equation (21) is compared with limits of disturbance field strength measured at a standard test site, it shall be considered that the amplitude field strength measured at a standard test site is approximately 6 dB higher than the free-space field strength of Equation (21), due to the reflections from the ground plane. Equation (21) can be modified to take into account this difference. The disturbance field strength at the standard distance E_{std} can therefore be calculated, for the vertical polarization case, using the following equation:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 22,9 \quad (19)$$

For horizontal polarization below 160 MHz the maximum field strength is not measured at standard test sites. Therefore the 6 dB factor shall be corrected using the following equation, for which Table 6 shows several calculated values:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 16,9 + (6 - c_c) \quad (20)$$

where

E_{std} is in dB($\mu\text{V/m}$);

f is the measuring frequency;

d_{std} is in m; and

c_c is the correction factor for horizontal polarization. This was determined assuming a radiation source at 1 m in height.

This method for determining the disturbance field strength can be used mainly when there are obstacles between the measuring antenna and the EUT.

Table 6 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency

f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

7.7.4.3 Frequency range of 1 GHz to 18 GHz

7.7.4.3.1 Measurement distance

The measurement distance chosen shall be such that the measurement is made in the far field. The far-field condition shall be verified by measuring the radiated disturbance power with a double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna as a function of distance. The requirement is met if the measurement distance is equal to, or greater than, the transition distance. The transition distance is marked by the transition point that shall be determined as shown in Figure 22. The measurement results shall be plotted and two parallel lines separated by 5 dB drawn to enclose as many of the measurement results; the transition point is the point where the lines intersect and after which the radiated power decreases by 20 dB/decade.

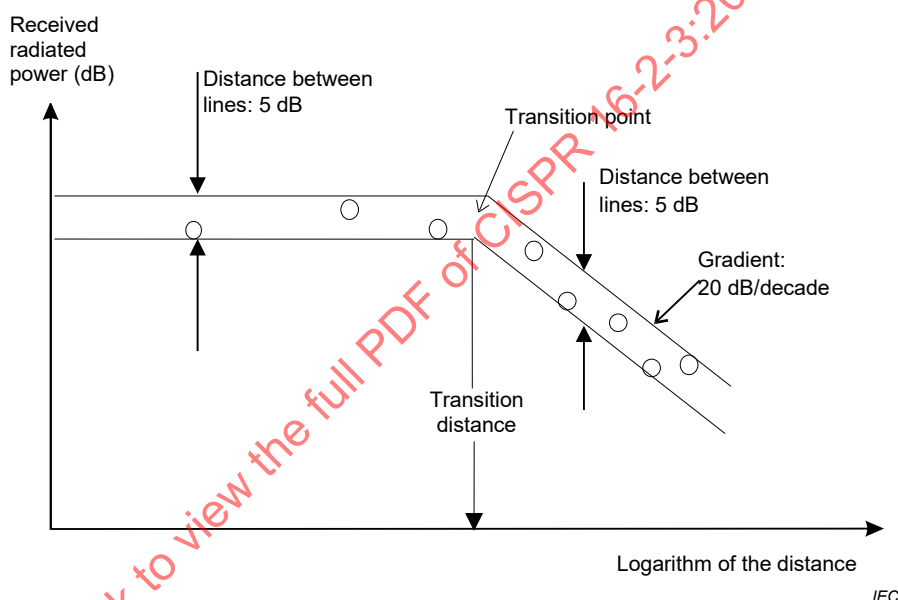


Figure 22 – Determination of the transition distance

7.7.4.3.2 Measurement method

The radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. A double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna shall be used to determine the direction of maximum radiation. The measurement distance shall then be chosen according to 7.7.4.2.1 and the disturbance field strength on the selected frequency is measured. The antenna position shall be varied slightly to ensure that the measured field strength is not at a local minimum (for example, due to reflections).

For measurement of the radiated disturbance power, the EUT shall be disconnected and a double-ridged horn or log-periodic antenna positioned either in the immediate vicinity of the EUT or in its place. The antenna shall then be fed by a signal generator operating at the same frequency. The orientation of the antenna shall be such that the test receiver receives the highest field strength. This antenna position shall be fixed. The power of the signal generated shall be varied until the test receiver receives the same power as that generated by the EUT.

The power at the signal generator P_g plus the gain G of the transmitting antenna relative to a half-wave dipole yields the required radiated disturbance power P_r :

$$P_r = P_g + G \quad (21)$$

where

P_r is in dB(pW);
 P_g is in dB(pW) and
 G is in dB.

7.7.5 Documentation of the measurement results

The particular circumstances and conditions of the *in situ* measurements should be documented to enable the operational conditions to be reproduced if the measurements are repeated. The documentation should include

- reasons for the *in situ* measurement instead of using a standard test site,
 - description of the EUT,
 - technical documentation,
 - scale drawings of the measurement site, showing the points at which measurements were made,
 - description of the measured installation,
 - details of all connections between the measured installation and the EUT: technical data and details of their location/configuration,
 - description of the operating conditions,
 - details of the measuring equipment;
 - measurement results:
 - antenna polarization;
 - measured values: frequency, measured level and disturbance level;
- NOTE The disturbance level is the level referred to the standard measuring distance.
- assessment of the degree of interference (if applicable).

7.7.6 Measurement uncertainty for *in situ* method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.8 Substitution measurements (30 MHz to 18 GHz)

7.8.1 General

The substitution method is intended for measuring radio disturbance radiated from the cabinet, including wiring and circuitry inside the cabinet, of an equipment under test. The EUT may be either a self-contained unit with no port for any connection or have one or several ports for power and other external connections. For future product standards, product committees are invited to use the field-strength measurement method described in 7.6 for 1 GHz to 18 GHz.

7.8.2 Test site

The test site shall be a level area. Indoor sites may be used, but may need special arrangements, especially in the upper part of the frequency range, in order to meet the requirements of stable and non-critical reflections from the surroundings, for example, a corner

reflector added to the measuring antenna and an absorbing wall behind the EUT. The suitability of the site shall be determined as follows.

Two horizontal half-wavelength dipoles, designated A and B (see also 7.8.3), shall be placed parallel to each other, at the same height h , with height not less than 1 m above the floor and spaced at the measurement distance d . Dipole B shall be connected to a signal generator and dipole A connected to the input of the measuring receiver. The signal generator shall be tuned to give maximum indication on the measuring receiver and its output adjusted to a convenient level. The site shall be considered suitable for the purpose of measurement at the test frequency if the indication on the measuring receiver does not vary more than $\pm 1,5$ dB when dipole B is moved 100 mm in any direction. The test shall be repeated throughout the frequency range at frequency intervals small enough to ensure that the site is satisfactory for all measurements intended. If an EUT requires that measurements also be made with vertical polarization (see 7.8.4), the suitability test of the site shall be repeated with the two dipoles positioned for vertical polarization.

7.8.3 Test antennas

The test antennas A and B of Figure 23 have been described above as half-wave dipoles. For the frequency range below 1 GHz, this requirement applies primarily to the transmitting antenna B for which the radiated power in the direction of maximum radiation shall be relatable to the power at the terminals of antenna B. The measuring antenna A should also be a half-wave dipole. Its actual sensitivity will be included in the substitution calibration of the test configuration. In the frequency range of 1 GHz to 18 GHz linearly-polarized horn antennas are recommended.

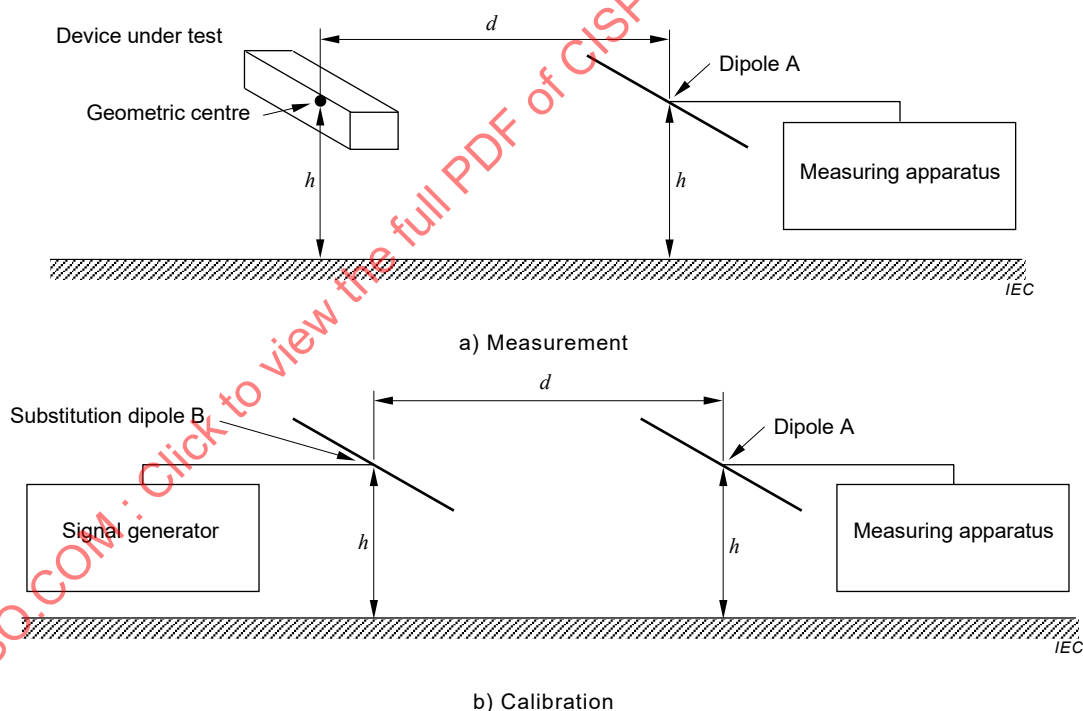


Figure 23 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration

7.8.4 EUT configuration

The EUT shall be placed on a non-conducting table with provision to rotate in the horizontal plane (azimuth). The EUT shall be configured so that the geometric centre of the EUT coincides with the point earlier used as the centre point for dipole B (see Figure 23). If the EUT consists of more than one unit, each unit shall be measured separately. Detachable leads to the EUT should be removed if operation is not affected adversely. Required leads shall be provided with absorbing ferrite rings and be so positioned that they will not influence the measurements. For shielded EUTs, all connectors not used shall be terminated by shielded terminations.

7.8.5 Test procedure

With the EUT arranged as described in 7.8.4, the horizontally polarized measuring dipole A shall be placed in the same position as when checking the test site. The dipole shall be normal to a vertical plane through its centre and that of the EUT. The EUT is first measured in its normal table-standing position and secondly when tilted 90° to stand on a normally vertical side. In each position it shall be rotated 360° in the horizontal plane. The highest reading shall be the characteristic value for the EUT.

The measuring system is calibrated by replacing the EUT with a half-wave dipole B. The centre of this calibrating dipole B shall be placed in the same spot as the geometric centre of the previously measured EUT and parallel with the measurement antenna A, and be connected to a signal generator. The radiated power from the cabinet of the EUT is defined as the power at the terminals of the half-wave dipole B when the signal generator is adjusted to give the same reading on the measuring receiver as the maximum reading recorded earlier (Y), at each frequency of measurement.

When measurements are made with both horizontally and vertically polarized measuring dipoles, separate calibrations shall be made for the two modes.

7.8.6 Measurement uncertainty for substitution method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.9 Reverberation chamber measurements (80 MHz to 18 GHz)

Radiated emission measurements may be performed in reverberation chambers using the methods specified in IEC 61000-4-21 [8]. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.10 TEM waveguide measurements (30 MHz to 18 GHz)

Radiated emission measurements may be performed in TEM waveguides using the methods specified in IEC 61000-4-20. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.11 Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (9 kHz to 30 MHz)

7.11.1 Measurement

The quantity to be measured is the maximum magnetic field strength emitted by the EUT, at each of the three orthogonal directions X, Y and Z as shown in Figure 25 and Figure 26 (see 7.11.3), with the reference point of the receive antenna set at 1,3 m above the ground plane, at the horizontal measurement distance from the EUT as specified in the applicable product standard, over all angles in the azimuth plane. This quantity shall be determined with the following provisions:

- the frequency range of interest is 9 kHz to 30 MHz;
- the quantity shall be expressed in dB(µA/m);
- a SAC/OATS measurement site shall be used that complies with the applicable validation requirements in CISPR 16-1-4;
- a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1, and a loop antenna compliant with CISPR 16-1-4, shall be used;
- the measurement distance may be 3 m, 5 m, or 10 m, and should be used with the restriction given in Table 10 (see 7.1.2.1);

- f) the measurement distance is the horizontal projection to the ground plane of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point;
- g) the reference point of the loop antenna shall be the centre of the loop;
- h) the three loop antenna orientations shall be in accordance with the following:
 - X – the plane of the loop antenna is perpendicular to the ground plane and perpendicular to the measurement axis (line connecting the projection of the reference point of the loop antenna to the ground plane with the centre of the turntable);
 - Y – the plane of the loop antenna is perpendicular to the ground plane and coplanar with the measurement axis;
 - Z – the plane of the loop antenna is parallel to the ground plane.
- i) the EUT is configured and operated in accordance with CISPR specifications;
- j) magnetic field antenna factors (see 3.1.2.5 in CISPR 16-1-6:2014 [2]) shall be used.

NOTE Some standards allow measurements at 30 m distance; however, this distance is not specified because 30 m test sites are rarely available.

The measurand H is derived from the maximum voltage reading V_r by using the magnetic field antenna factor F_{aH} and Equation (23):

$$H = V_r + A_c + F_{aH} \quad (23)$$

where

- H is the magnetic field strength in dB($\mu A/m$) as in the measurand description;
- V_r is the maximum received voltage in dB(μV) as per the provisions in the measurand description;
- A_c is the loss in dB of the cable between the loop antenna and the measuring receiver;
- F_{aH} is the magnetic field antenna factor of the loop antenna in dB($\Omega^{-1}m^{-1}$).

7.11.2 Test site requirements

The test site shall conform with the specifications for 9 kHz to 30 MHz in CISPR 16-1-4 with regard to its physical and electrical properties, and for its site validation.

7.11.3 General measurement method

The concept of the set-up for radiated disturbance measurements made at an OATS or in a SAC is shown in Figure 25 for table-top EUTs and in Figure 26 for floor-standing EUTs.

The EUT is installed at the specified height above the ground plane and operated normally, in accordance with 6.4. The loop antenna is positioned at the specified measurement distance and height above the ground plane.

The feed point of the loop antenna shall be set as shown in Figure 27. The figure shows two alternative locations of the feed point, either one of which is applicable for the measurement. However, for practical reasons the upper location is preferred for X and Y orientations [24], [25].

For each loop antenna orientation, the EUT is rotated in the horizontal plane to determine the maximum level at each emission frequency.

If the cables have an influence on the measurement result, they should be equipped with ferrite cores. It is recommended that ferrites with a minimum impedance of 50 Ω at 25 MHz are placed on the loop antenna cables every 20 cm along their entire length.

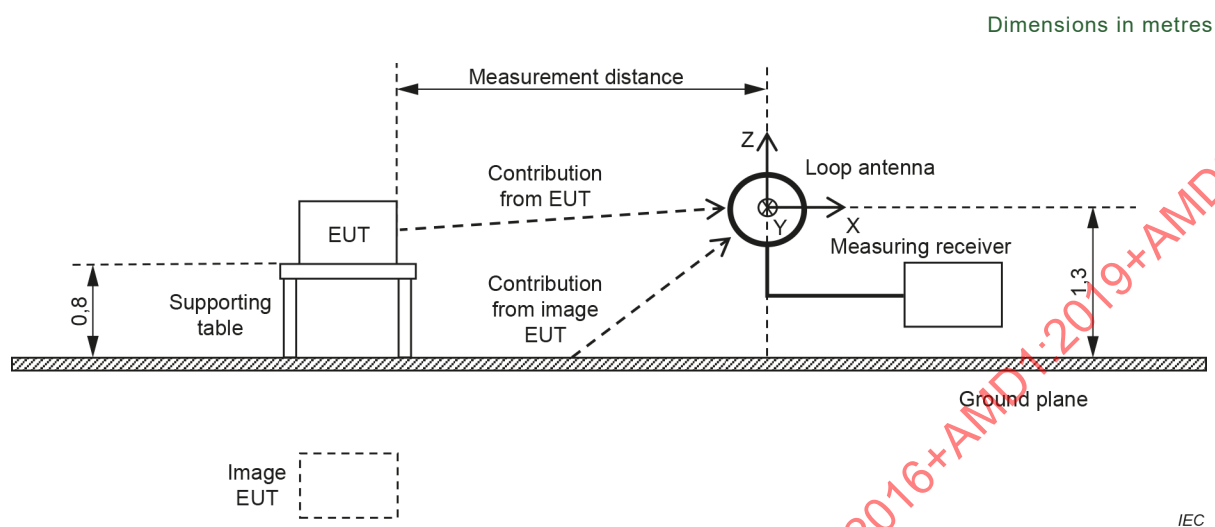


Figure 25 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for table-top EUT

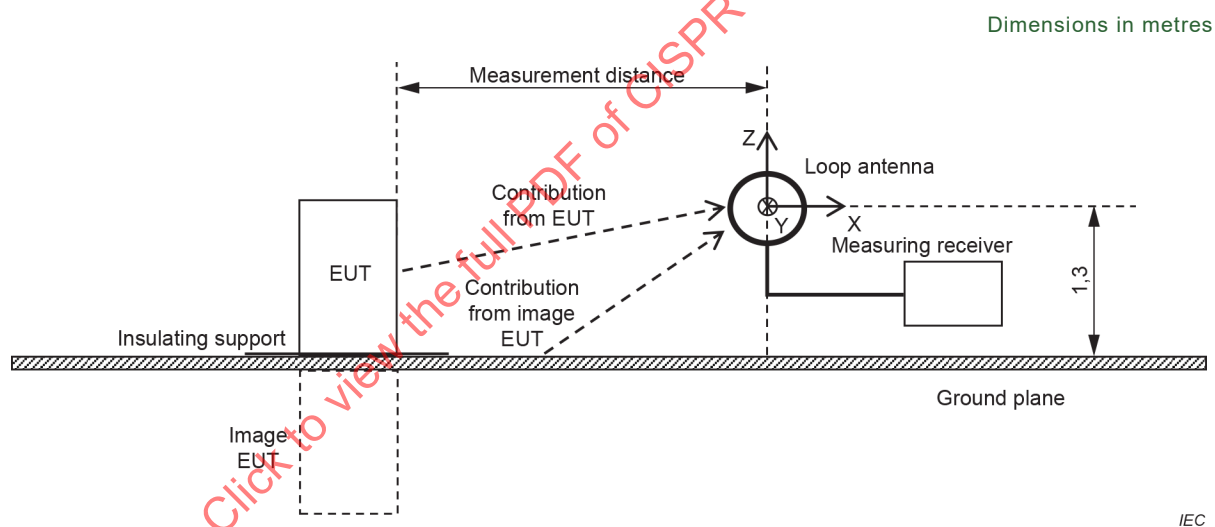


Figure 26 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for floor-standing EUT

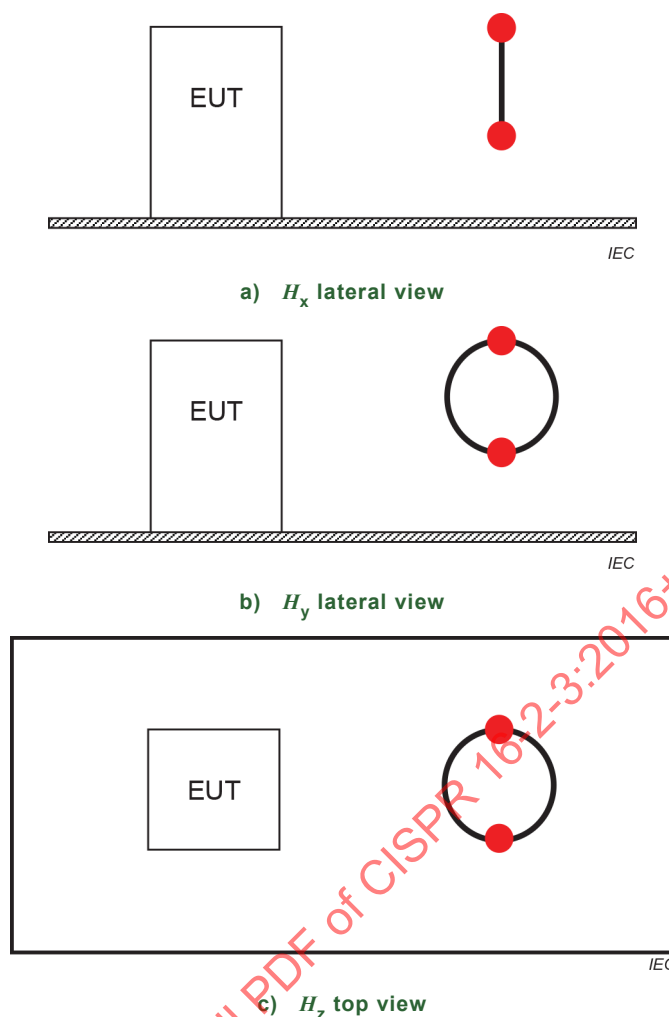


Figure 27 – Feed point location

7.11.4 Measurement distance and EUT dimensions

The measurement distance is the horizontal projection to the ground plane of the distance between the boundary of the EUT (see Figure 8) and the antenna reference point.

If limits are defined at a distance greater than 10 m (e.g. 30 m), the results shall be extrapolated using the procedures specified in the applicable product standard. In case such procedures are not specified in the applicable product standard, the extrapolation procedure in 7.7.2.2 may be used instead. The extrapolation process shall be described in the test report.

NOTE Due to the fact that measurements in this frequency range are always performed in the near field of the radiating source, the extrapolation does not follow the simple inverse distance law.

The EUT dimension should not exceed the maximum EUT volume in Table 10 (see 7.1.2.1).

7.11.5 Antenna height

For magnetic field strength measurements, the reference point of the loop antenna shall be set at a height of 1,3 m above the ground plane. This height applies for all antenna orientations X, Y, and Z.

7.11.6 Product standard specification details

7.11.6.1 General

In addition to specifying the detailed measurement method and the disturbance parameters to be measured, product standards shall include other relevant details as outlined in the following subclauses.

7.11.6.2 Test environment

The influence of the test environment shall be considered so as to ensure correct functioning of the EUT. Important parameters in the physical environment shall be specified, e.g. temperature and humidity.

The electromagnetic environment needs special consideration to ensure accurate disturbance measurements. The ambient radio noise levels measured at the test site with the EUT de-energized should be at least 6 dB below the limit. It is recognized that this margin cannot always be realized at all frequencies. However, when the measured levels of ambient radio noise plus EUT emissions are not above the limit, the EUT shall be considered to be in compliance with the limit. See 6.2.2 and Annex A for further guidance about ambient levels and resulting measurement errors.

If the ambient field strength level at frequencies within the specified measurement ranges exceeds the limit(s), the following alternatives may be used:

- a) Perform measurements at a closer distance (either 3 m or 5 m instead of 10 m; or 3 m instead of 5 m) and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. The extrapolation formula shall be as recommended by the applicable product standard or it shall be verified by measurements at no less than three different distances. This alternative does not apply if the specified measurement distance is 3 m;
- b) Compare the amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation with the amplitude of the disturbance of a related or unrelated nearby frequency, in an alternative shielded room or absorber-lined shielded room which does not need to be a COMTS. The amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation can be estimated by measuring the amplitude of the adjacent frequency disturbance and making a comparison;
- c) Use a narrower measuring receiver bandwidth for narrowband disturbances from the EUT occurring near an RF ambient when both are within the standard bandwidth, see A.4.

7.11.6.3 EUT operating conditions and arrangement

The EUT operating conditions and arrangement are detailed in 6.4.

For table-top EUTs the table height shall be 0,8 m. Floor-standing EUTs shall be separated from metallic contact with the ground plane by up to 15 cm of insulation.

7.11.7 Measurement uncertainty for OATS and SAC

General and basic considerations about uncertainties in standardized EMC tests are given in CISPR 16-4-1. Measurement instrumentation uncertainty aspects specific to results of radiated disturbance measurements at an OATS or in a SAC in the frequency range 9 kHz to 30 MHz are given in CISPR 16-4-2.

7.11.8 Field strength measurements at other sites

For practical reasons, test sites similar to an OATS but without any metal ground plane may be prescribed for some products, e.g. ISM equipment and motor vehicles. For open-field test sites (OTS), the reference point of the receive antenna is set 1,3 m above the surface. The other provisions given in 7.11.1 (except for bullet c), feed point location in 7.11.3, and 7.11.4 through 7.11.6, shall remain applicable.

8 Automated measurement of emissions

8.1 Introduction – Precautions for automated measurements

Much of the tedium of making repeated EMI measurements can be removed by automation. Operator errors in reading and recording measurement values are minimized. By using a computer to collect data, however, new forms of error can be introduced that may have been detected by an operator. Automated testing can lead, in some situations, to greater measurement uncertainty in the collected data than manual measurements performed by a skilled operator. Fundamentally, there is no difference in the accuracy with which an emission value is measured whether manually or under software control. In both cases, the measurement uncertainty is based on the accuracy specifications of the equipment used in the test set-up. Difficulties may arise, however, when the present measurement situation is different from the scenarios the software was configured for.

For example, an EUT emission adjacent in frequency to a high level ambient signal may not be measured accurately, if the ambient signal is present during the time of the automated test. A knowledgeable tester, however, is more likely to distinguish between the actual interference and the ambient signal; therefore the method for measuring the EUT emission can be adapted as required. However, valuable test time can be saved by performing ambient scans prior to the actual emission measurement with the EUT turned off to record ambient signals present on the OATS. In this case the software may be able to warn the operator of the potential presence of ambient signals at certain frequencies by applying appropriate signal identification algorithms. Operator interaction is recommended if the EUT emission is slowly varying, if the EUT emission has a low on-off cycle or when transient ambient signals (e.g. arc welding transients) may occur.

8.2 Generic measurement procedure

Signals need to be intercepted by the EMI receiver before they can be maximized and measured. The use of the quasi-peak detector during the emission maximization process for all frequencies in the spectrum of interest leads to excessive test times (see 6.6.2). Time-consuming processes like antenna height scans are not required for each emission frequency. These should be limited to frequencies at which the measured peak amplitude of the emission is above or near the emission limit. Therefore, only the emissions at critical frequencies whose amplitudes are close to or exceed the limit will be maximized and measured. The generic process depicted in Figure 24 will yield a reduction in measurement time.

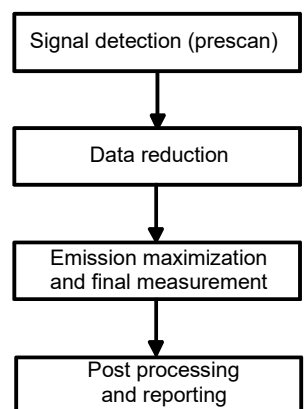


Figure 24 – Process to give reduction of measurement time

8.3 Pre-scan measurements

8.3.1 General

This initial step in the overall measurement procedure serves multiple purposes. Pre-scan places the least number of restrictions and requirements upon the test system since its main purpose is to gather a minimal amount of information upon which the parameters of additional testing or scanning will be based. This measurement mode can be used to test a new product, where the familiarity with its emission spectrum is very low. In general, pre-scan is a data acquisition procedure used to determine where in the frequency range of interest, significant signals are located. Depending on the goal of this measurement, antenna tower and turntable movement may be necessary (for the radiated emission test) as well as improved frequency accuracy (e.g. for further processing on an OATS) and data reduction through amplitude comparison. These factors define the measurement sequence during the execution of pre-scan. In any case, the results will be stored in a signal list for further processing. When a pre-scan measurement is made to quickly obtain information on the unknown emission spectrum of an EUT, frequency scanning can be performed by applying the considerations of 6.6.

8.3.2 Determination of the required measurement time

If the emission spectrum and especially the maximum pulse repetition interval T_p of the EUT are not known, they shall be investigated to assure the measurement time T_m is not shorter than T_p . The intermittent character of the emission of an EUT is especially relevant for critical peaks of the emission spectrum. First it should be determined at which frequencies the amplitude of the emission is not steady. This can be done by comparing the maximum-hold with a minimum-hold or clear/write function of the measuring equipment or software, and observing the emission for a period of 15 s. During this period no change in the set-up should be made (no change of lead in case of conducted emission, no movement of absorbing clamp, no movement of turntable or antenna in case of radiated emission). Signals with e.g. more than 2 dB difference between the maximum-hold result and minimum-hold result are marked as intermittent signals. (Care should be taken not to mark noise as intermittent signals.)

In case of radiated emission, the polarization of the antenna is changed and the measurement is repeated, to reduce the risk that certain intermittent peaks are not found because they remain below noise level. From each intermittent signal the pulse repetition period T_p can be measured, by applying zero-span or using an oscilloscope connected to the IF-output of the measurement receiver. The correct measurement time can also be determined by increasing it until the difference between maximum-hold and clear/write displays is below e.g. 2 dB. During further measurements (maximization and final measurement), it shall be assured for each part of the frequency range that the measuring time T_m is not smaller than the applicable pulse repetition period T_p .

8.3.3 Pre-scan requirements for different types of measurements

The type of measurement determines the definition of a pre-scan measurement in the following way

- For radiated emissions in the frequency range from 9 kHz to 30 MHz, e.g. per CISPR 11 [1], both the loop antenna and the EUT need to be rotated to find the maximum field strength while the receiver is scanning the emission spectrum. In the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz, the antenna height may be preset to fixed heights given in Table 7, based on measurement distance, frequency range and polarization. The necessary pre-scan measurements shall be made for a sufficient number of EUT azimuths. For quick overview measurements this will yield an indication of the radiated emission amplitudes as a starting point for final maximization. If a more detailed determination of the worst-case antenna height, polarization and EUT azimuth is desired, the applicable standard should be used to determine the appropriate maximization procedure.

- In the frequency range above 1 GHz, the antenna needs to be positioned in horizontal and vertical polarization and the EUT rotated to find the maximum field strength while the emission spectrum is scanned. For details of the test procedure, see 7.6.6.1.

**Table 7 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception
(for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz**

Measurement distance	Polarization	Frequency range	Recommended antenna heights for each frequency range (minimum / maximum)
m	h – horizontal v – vertical	MHz	m
3	h	30 to 100	2,5
		100 to 250	1 / 2
		250 to 1 000	1 / 1,5
	v	30 to 100	1
		100 to 250	1 / 2
		250 to 1 000	1 / 1,5 / 2
10	h	30 to 100	4
		100 to 200	2,5 / 4
		200 to 400	1,5 / 2,5 / 4
		400 to 1 000	1 / 1,5 / 2,5
	v	30 to 200	1
		200 to 300	1 / 3,5
		300 to 600	1 / 2 / 3,5
		600 to 1 000	1 / 1,5 / 2 / 3,5
30	h	30 to 300	4
		300 to 500	2,5 / 4
		500 to 1 000	1,5 / 2,5 / 4
	v	30 to 500	1
		500 to 800	1 / 3,5
		800 to 1 000	1 / 2,5 / 3,5
a) The recommended antenna heights were derived for source phase-centre heights of between 0,8 m and 2,0 m for maximum errors of 3 dB (which is good for a pre-scan only). If the range of phase centre heights is reduced, the number of receive antenna heights may be reduced. If radiation pattern lobes exist (distinct peaks and nulls), e.g. in the upper frequency ranges, more antenna heights may be needed.			
b) For very large EUTs, e.g. telecom systems, the receiving antenna may need to be positioned in several vertical and horizontal positions, depending on the antenna beam width.			

8.4 Data reduction

The second step in the overall measurement procedure is used to reduce the number of signals collected during pre-scan and is thus aimed at further reduction of the overall measurement time. These processes can accomplish various tasks, e.g. determination of significant signals in the spectrum, discrimination between ambient or auxiliary equipment signals and EUT emissions, comparison of signals to limit lines, and data reduction based on user-definable rules. Another example of data-reduction methods involving the sequential use of different detectors and amplitude versus limit comparisons is given by the decision tree in Annex C of CISPR 16-2-1:2014. Data reduction may be performed fully automated or interactively, involving software tools or manual operator interaction. It need not be a separate section of the automated test, i.e. it may be part of a pre-scan.

In certain frequency ranges, especially the FM band, an acoustic ambient discrimination is very effective. This requires signals to be demodulated to be able to listen to their modulation

content. If an output list of pre-scan contains a large number of signals and acoustic discrimination is needed, it can be a rather lengthy process. However, if the frequency ranges for tuning and listening can be specified, only signals within these ranges will be demodulated. The results of the data reduction process are stored in a separate signal list for further processing.

8.5 Emission maximization and final measurement

During the final test the emissions are maximized to determine their highest level. After the maximization of the signals, the emission amplitude is measured using quasi-peak detection and/or average detection, allowing for the appropriate measurement time (at least 15 s if the reading shows fluctuations close to the limit).

The type of the radiated emission measurement defines the maximization process yielding the highest signal amplitudes:

- in the frequency range from 9 kHz to 30 MHz – maximization of the indicated level by variation of the EUT azimuth angle and the azimuth angle of the (vertical) plane of the loop antenna (e.g. tests for CISPR 11 [1]);
- in the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz – maximization of the indicated level by variation of height and polarization of the measurement antenna as well as variation of the EUT azimuth;
- in the frequency range above 1 GHz – maximization of the indicated level by variation of the antenna polarization and variation of the EUT azimuth and, if the EUT surface is wider than the antenna beam, by moving the antenna along the EUT surface.

Before the actual maximization sequence can be executed, the worst-case EUT set-up shall be determined to ensure the detection of maximum emission amplitudes. The process of finding the EUT and cable configuration that yields the worst case emissions is primarily a manual operation. This can be done using a scanning receiver with a graphical display of the emission spectrum and signal maximum-hold capability for observing the changes in amplitudes as cable and equipment layouts are manipulated. The automated final measurement of emissions should begin after the worst case EUT operating mode and layout has been configured.

The measurement of a particular radiated emission includes a maximization process involving the rotation of the EUT, scanning the receive antenna over a height range, and changing antenna polarization. This time-consuming search process can be effectively automated, but it shall be recognized that a variety of search strategies may be used that can lead to different results. In case of previous knowledge of the radiation characteristics of an EUT, a maximization sequence should be chosen that allows the determination of the worst-case amplitude within the search ranges of the antenna mast and the turntable. For instance, if the EUT emits highly directive signals in the horizontal plane, e.g. due to slots in the case, the turntable should be rotated continuously while taking data with the receiver. A table movement in discrete steps, on the other hand, may not allow the detection of the maximum amplitude or may cause the signal to be missed completely if the chosen angular increments of the positions are too far apart. The scan time of the spectrum analyzer should be less than the time for 15° of rotation of the turntable to produce effective maximization data.

One search strategy might be to rotate the turntable 360° while leaving the antenna at a fixed height to find the angle for maximum emission amplitude. Next, the turntable is rotated back over the full range after the antenna polarization was changed (e.g. from horizontal to vertical). During this process test data is taken continuously with the receiver and at the end of the second table scan the highest amplitudes, based on turntable angle and antenna polarization, are determined. Then, the worst case positions of the antenna and turntable are selected and the antenna is scanned over the required height range to find the position yielding the maximum amplitude. At this point the emission level is either recorded using the receiver's quasi-peak detector after returning to the maximum emission height, or finer search continues with incremental rotation of the turntable and following incremental height search, to find the maximum emission amplitude at the given frequency with greater precision. Again, it is

important to have some understanding of the radiation pattern of the EUT in order to configure the software for an optimum search strategy that finds the maximum of the EUT emission in the shortest time. Variability is introduced into the test result when the final measurement is performed on the slope of the radiation pattern rather than on its peak.

NOTE The final measurement may be performed at several frequencies in parallel using FFT-based measurement instrumentation.

8.6 Post-processing and reporting

The last part of the test procedure addresses documentation requirements. The functionality for defining sorting and comparison routines that then can be automatically or interactively applied to signal lists supports a user in compiling the necessary reports and documentation. The corrected peak, quasi-peak or average signal amplitudes should be available as sorting or selection criteria. The results of these processes are stored in separate output lists or can be combined in a single list and are available for documentation or further processing.

Results shall be available in tabular and graphics format for use in a test report. Furthermore, information about the test system itself, e.g. transducers used, measuring instrumentation, and documentation of the EUT set-up as required by the product standard should also be part of the test report.

8.7 Emission measurement strategies with FFT-based measuring instruments

Depending on the implementation, FFT-based measuring instruments may perform weighted measurements significantly faster than the tunable selective voltmeters. A weighted measurement over the frequency range of interest may then be faster than a measurement consisting of a prescan and final scan performed with a superheterodyne receiver as described in 8.2.

Annex A (informative)

Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions

A.1 General

High ambient emissions have to be accounted for during *in situ* tests (conducted and radiated) and type tests on an open-area test site (OATS). It is the purpose of this annex to describe measurement procedures for a number of different situations.

In some circumstances, the procedures will not provide a solution to the problems caused by ambient signals. In particular, the procedures cannot be expected to overcome the problems of ~~5.2.4 of CISPR 16-1-4:2010~~ 6.2.4 of CISPR 16-1-4:2019. But aside from this caveat, the following procedures can be used.

A.2 Terms and definitions

A.2.1

EUT disturbance

EUT emission spectrum to be measured

A.2.2

ambient emission

emission spectrum superimposed on the EUT disturbance spectrum that influences the accuracy of the EUT disturbance measurement

A.3 Problem description

During *in situ* tests and type tests on an OATS the ambient emissions frequently do not correspond to the ambient radio frequency environment of the test site recommendations of CISPR 16-1-4.

The radio disturbance of the EUT is often located within the frequency bands of ambient emissions and cannot be measured with a radio disturbance measuring receiver as specified in CISPR 16-1-1 due to insufficient frequency spacing between the EUT disturbance and the ambient emission or due to superposition.

The CISPR standard measuring receiver is suitable to provide uniform test results for all types of radio-frequency emissions, where the EUT disturbance alone is to be measured. It is, however, not optimized to discriminate between EUT disturbance and ambient emissions or to measure the EUT disturbance in the aforementioned situation.

Because in actual interference investigation situations there are no alternatives to an *in situ* test, a solution is described below for cases when a differentiation between EUT disturbance and ambient emission is possible.

A.4 Proposed solution

A.4.1 Overview

EUT disturbance emissions and ambient emissions can be categorized as in Table A.1.

Table A.1 – Combinations of EUT disturbance and ambient emissions

EUT disturbance	Ambient emission
Narrowband	Narrowband
	Broadband
Broadband	Narrowband
	Broadband

Narrowband ambient emissions may be, for example, AM- or FM-modulated; broadband ambient emissions may be, for example, TV or digitally-modulated signals. Here the terms “narrowband” and “broadband” are always relative to the bandwidth of the measuring receiver, as specified in CISPR 16-1-1. Narrowband signals are defined as signals that have a bandwidth less than the measuring receiver bandwidth. In this case, all the signal’s spectral components are contained in the receiver bandwidth. A CW signal will always be narrowband; a narrow FM signal can be either narrow or broadband, depending on the actual receiver bandwidth. On the contrary, an impulsive signal will usually be broadband because a few of its spectral components will be within and many of its spectral components outside the receiver bandwidth.

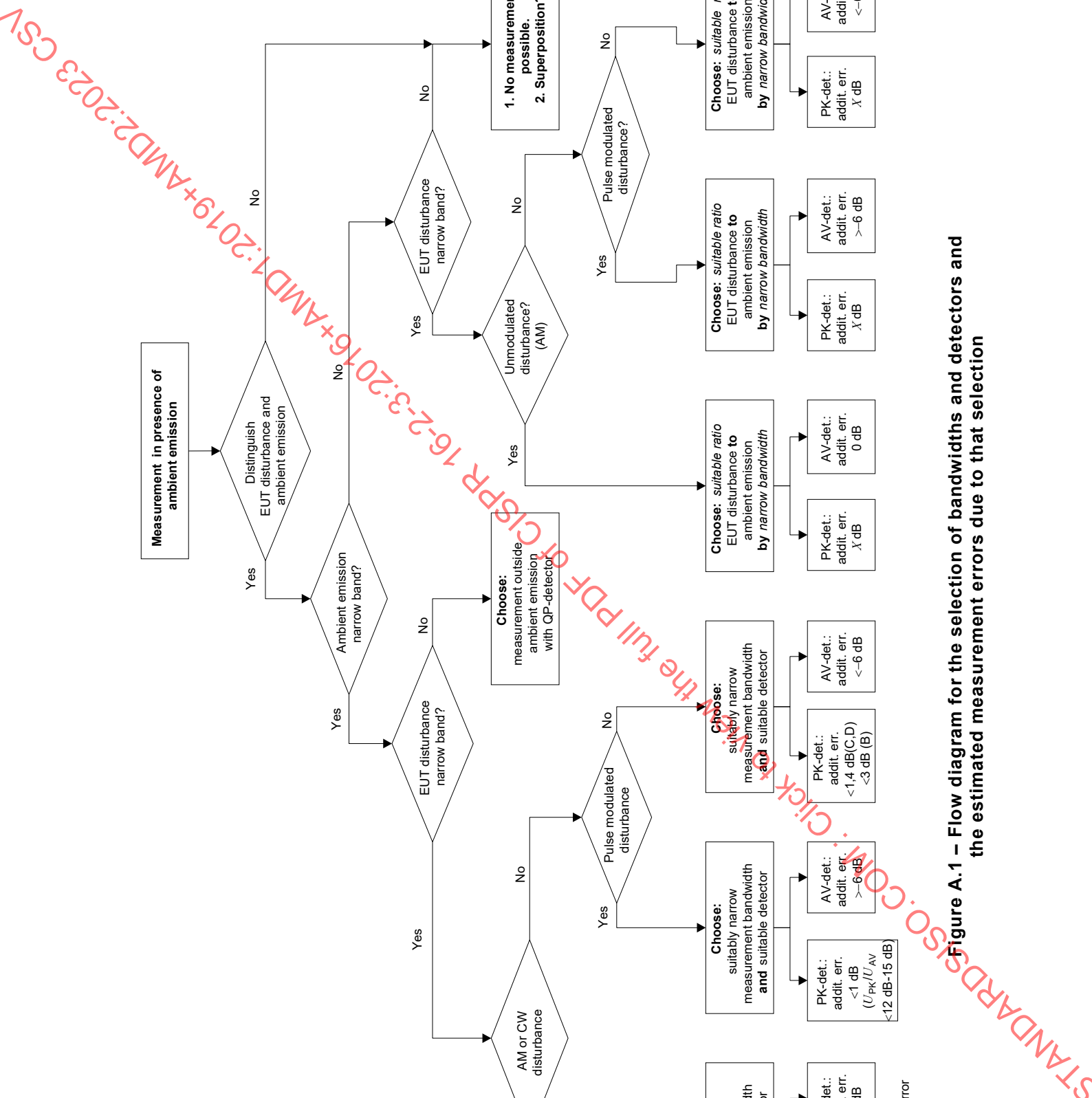
The measurement of the EUT disturbance is a manifold problem: first, to identify EUT disturbance and ambient emission and, second, to distinguish between narrowband and broadband emission. Modern measuring receivers and spectrum analyzers provide various resolution bandwidths and detector types. These can be used to analyse the combined spectrum, to distinguish between EUT disturbance and ambient emission spectra, to distinguish between narrowband and broadband emissions and to measure (or in difficult situations to estimate) the EUT disturbance.

In case of type testing on an OATS, identification and pre-measurement of the EUT disturbance may also be carried out by pre-testing the EUT in a non-compliant (for example, partially) absorber-lined shielded room, and final testing on an OATS, whereby levels of emissions hidden by ambients may be determined by comparison with emissions in the vicinity.

Superposition of the emissions shall be accounted for when EUT disturbance and ambient emissions cannot be separated. The separation needs an EUT disturbance-and-ambient-emission to ambient-emission ratio of about 20 dB.

In cases where IF-bandwidths and detectors are different from the specified bandwidth and the quasi-peak (QP) detector, the QP value in the specified bandwidth is the reference for the measurement-error determination.

Figure A.1 shows a flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection.

[illegible]

A.4.2 Pre-testing the EUT in a shielded room

Emission frequency and amplitude data acquired from preliminary testing in a shielded room may be used under certain restrictive conditions (a simple shielded room is not an absorber-lined shielded room – semi-anechoic or anechoic – and thus does not meet present NSA values in ~~Annex E of CISPR 16-1-4:2010, (Annex A of [4])~~ 6.5 of CISPR 16-1-4:2019. This will give the emission spectrum that has significant amplitudes. In cases of narrowband emission the product emission spectrum contains harmonics and subharmonics of any clock frequency used in the product.

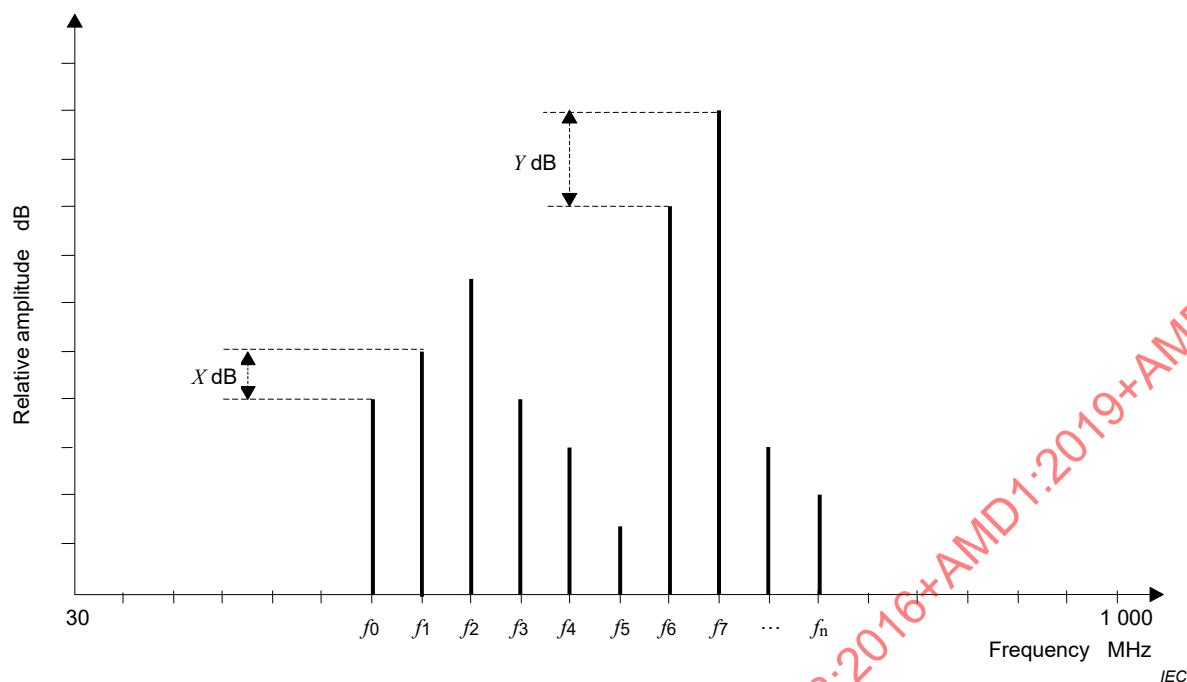
These pre-test results may be used to determine product emission amplitudes in certain restrictive situations. In particular, when the final compliance test is performed at an OATS and one (or more) of the frequencies are masked (hidden) by an RF ambient, chances are that an adjacent frequency to these masked frequencies will not coincide precisely with an RF ambient. Hence, the unmasked emission can be recorded in the usual manner using the required receiver or spectrum analyzer bandwidth. Then the amplitude of the EUT emission that is masked by the high RF ambient can be judged using the preliminary quiet-chamber measurements in the following way.

Assume that during the shielded room preliminary measurements two adjacent frequency emissions differ in amplitude by X dB (see Figure A.2). Next one of these frequencies that are not masked by the RF ambient is measured at the OATS. The difference in amplitude (X dB) of the masked frequency from the measurable adjacent frequency can be added to (or subtracted from, depending on the sign of the difference) the amplitude found in the shielded room to determine the amplitude of the adjacent frequencies. This is shown in Figure A.2, where (assuming that the frequency f_1 is the masked frequency and f_0 is not masked), the amplitude for f_1 is shown as X dB greater than the amplitude at f_0 . Then to find the amplitude of f_1 at the OATS, X dB is added to the value of the measurable amplitude of f_0 . Similarly, if the amplitude of f_6 were Y dB less than that for f_7 found during the quiet-chamber testing, the amplitude of f_6 (if masked by an ambient) would be Y dB less than that of f_7 , which is assumed to be measurable at the OATS.

NOTE The above procedure emphasizes what is contained in point d) of 7.3.6.2 (Test environment).

Several precautions should be taken in using this restricted procedure.

- a) The adjacent frequency found in preliminary testing should not be more than one or two adjacent frequencies away (usually a sub-harmonic or harmonic of the basic clock frequency), so that the effect of the shielded room irregularities will not unnecessarily enhance or depress frequencies adjacent to the frequency to be estimated on the OATS. In this case, the value of X (or Y in Figure A.2) may not be suitable.
- b) The amplitudes of adjacent frequencies need to be measured very carefully by height scan of the receive antenna in the quiet chamber (as would be the case for the final compliance measurement). If full height scan cannot be made, alternate correlations between the quiet-chamber measurements and the corresponding OATS measurements may have to be made before applying this OATS amplitude estimation technique (for emissions masked by the RF ambient).
- c) For those quiet chambers that are fully absorber-lined on all six sides of the chamber, alternate height-scan techniques might be available, such as measurements at two or three fixed heights (since the ground plane reflections are suppressed and that contribution to the received signal diminished) and using the maximum of these readings. Such techniques may need the same correlation measurements as stated in item b) above.



NOTE Generally f_n is n times f_0 , the EUT fundamental emission frequency (basic clock frequency).

Figure A.2 – Relative difference in adjacent emission amplitudes during preliminary testing

A.4.3 Method of measurement of EUT disturbances in the presence of narrowband ambient emissions

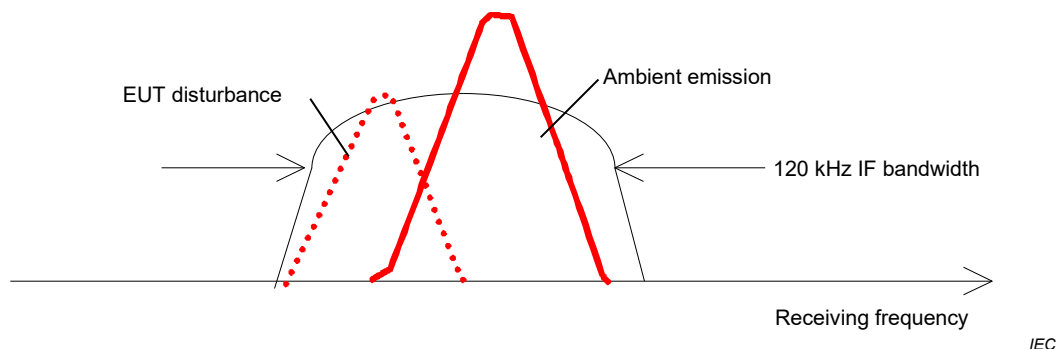
A.4.3.1 General

Depending on the type of EUT disturbance, its measurement is based on

- the analysis of the combined spectrum with a bandwidth narrower than that of the CISPR measuring receiver,
- the determination of a suitable measurement bandwidth for the selection of narrowband disturbance close to ambient emissions,
- the use of the peak detector (if the disturbance is AM or pulse modulated) or the average detector,
- the increase of the EUT disturbance to ambient emission ratio in case of a narrowband disturbance within a relatively broadband ambient emission when a narrower measurement bandwidth is used, and
- accounting for superposition of EUT disturbance and ambient emission, if separation is not possible.

A.4.3.2 Unmodulated EUT disturbance

The unmodulated EUT disturbance (see Figure A.3) can be separated from the ambient signal carrier by choosing a suitably narrow measurement bandwidth. Either the peak or the average detector may be used. There is no additional measurement error compared with the quasi-peak detector. If the difference in level between peak and average values is very small (for example, lower than 1 dB), the measured average value is equivalent to the quasi-peak value.



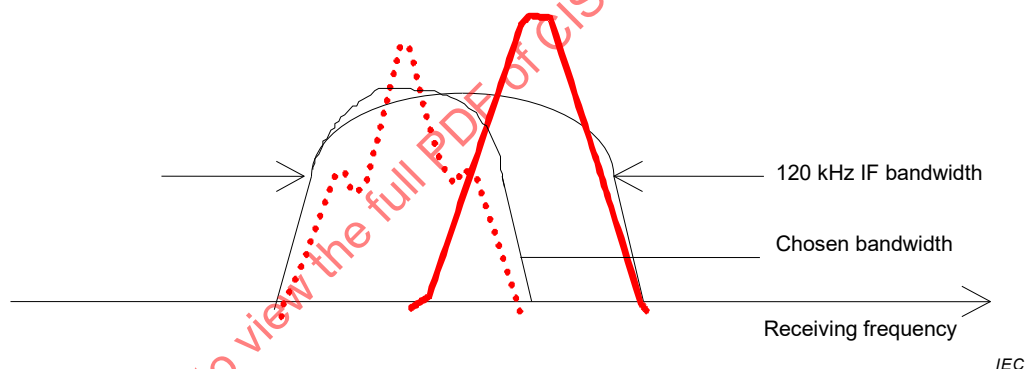
Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.3 – Disturbance by an unmodulated signal (dotted line)

A.4.3.3 Amplitude-modulated EUT disturbance

The amplitude-modulated EUT disturbance (see Figure A.4) can be separated from the ambient signal carrier by choosing a suitably narrow measurement bandwidth. Care should be taken to ensure that the narrow measurement bandwidth chosen does not suppress the modulation spectra of the EUT disturbance. Suppression of the modulation spectra is recognised by a decrease in the peak amplitude of the EUT disturbance as a result of the increase of selectivity.



Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.4 – Disturbance by an amplitude-modulated signal (dotted line)

Only the peak detector with a measurement time greater than the reciprocal of the modulation frequency can be used. An additional measurement error shall be accounted for at modulation frequencies below 10 Hz (0,4 dB at 10 Hz; 1,4 dB at 2 Hz for bands C and D and 0,9 dB at 10 Hz; 3 dB at 2 Hz for band B), where the peak value is above the quasi-peak value. The QP-value as a function of the modulation frequency is shown in Figure A.5.

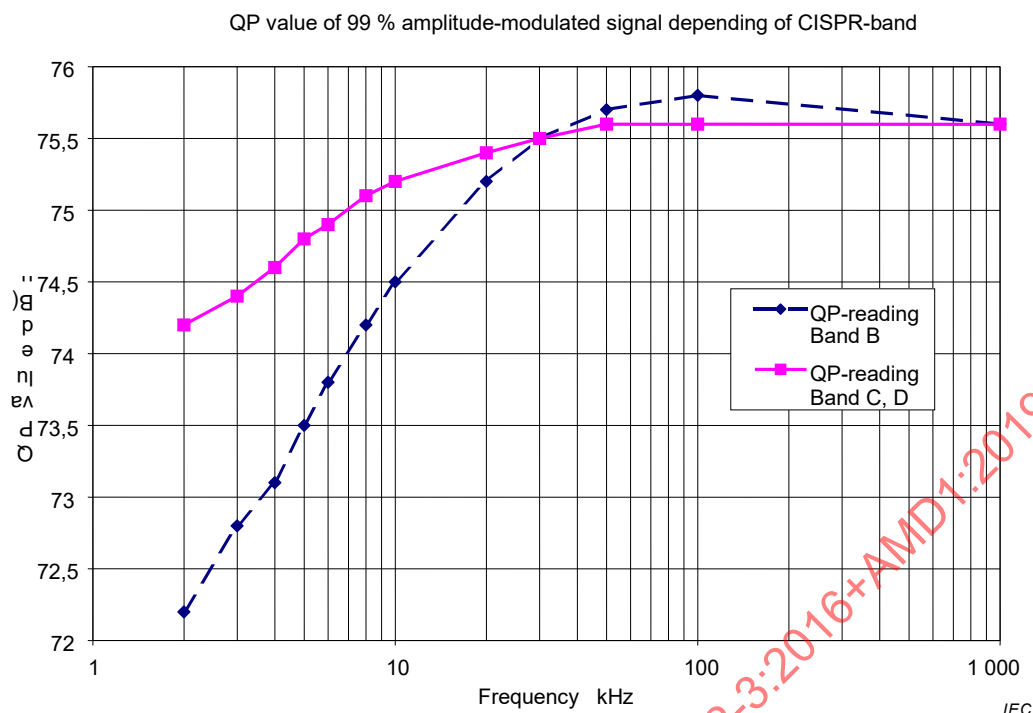


Figure A.5 – Indication of an amplitude-modulated signal as a function of modulation frequency with the QP detector in CISPR bands B, C and D

A.4.3.4 Pulse-modulated EUT disturbance

The narrowband pulse-modulated disturbance from the EUT is classified as a special case of amplitude modulation and can also be separated from the ambient signal carrier by a suitably narrow measurement bandwidth. The selectivity shall not lead to a suppression of the modulation spectra. Only the peak detector can be used.

In cases of low repetition frequency, an additional error is possible, but as long as the difference between peak- and average detector reading is in the order of 12 dB to 14 dB, additional measurement errors compared with the quasi-peak value need not be accounted for.

For a pulse width $\tau = 50 \mu\text{s}$, Figure A.6 shows that as long as the difference between peak and average levels is less than or equal to 14 dB, the deviation between peak and QP levels is negligible. So, the comparison between peak and average levels may be used to verify the usability of the peak detector.

Comparative measurement: $f = 60 \text{ MHz}$; IF-BW = 120 kHz; $t = 50 \mu\text{s}$

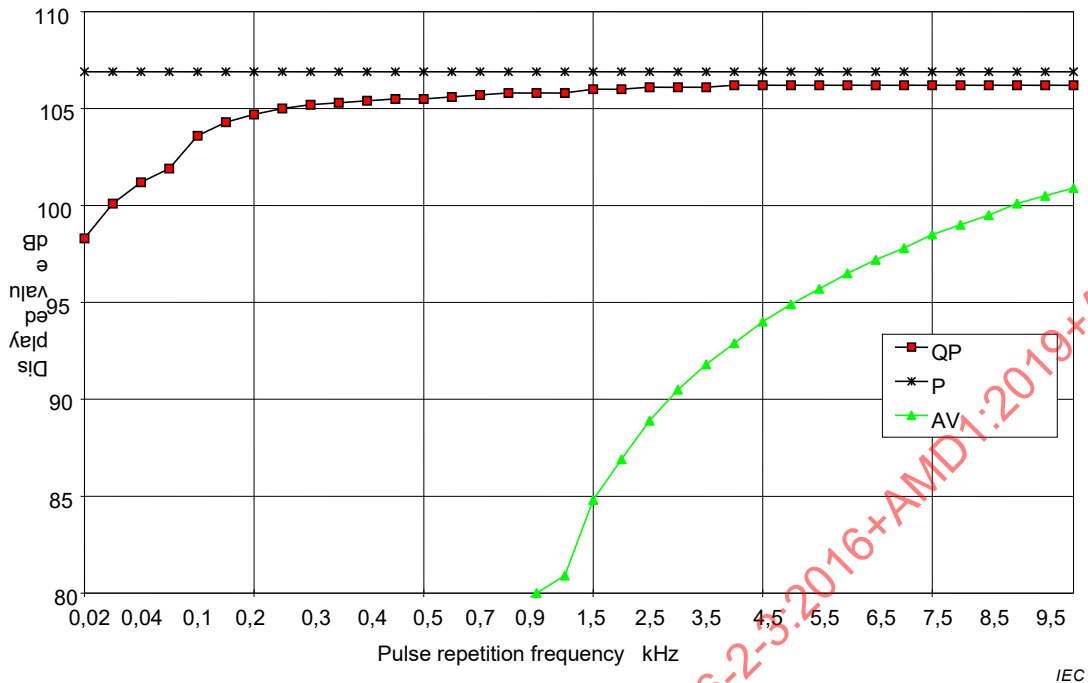


Figure A.6 – Indication of a pulse-modulated signal (pulse width 50 μs) as a function of pulse repetition frequency with peak, QP and average detectors

A.4.3.5 Broadband EUT disturbance

For the measurement of broadband disturbance (see Figure A.7) the quasi-peak detector shall be used. In fact it is not possible to carry out a measurement within the ambient signal bandwidth. Because of the finite bandwidth, the disturbance can generally be measured outside the ambient signal spectrum using the quasi-peak detector.

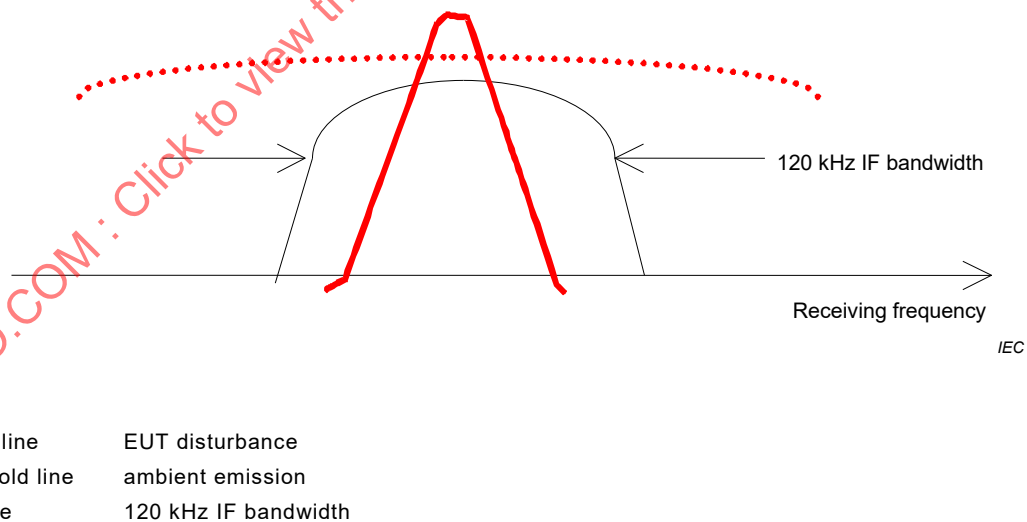


Figure A.7 – Disturbance by a broadband signal (dotted line)

A.4.4 Method of measurement of EUT disturbance in the presence of broadband ambient emissions

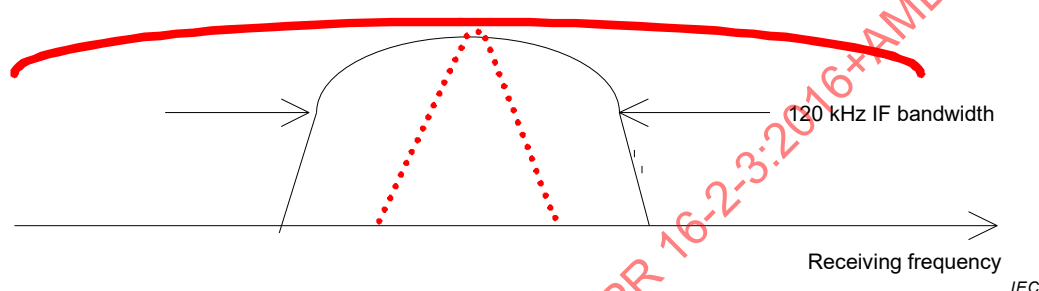
A.4.4.1 General

For this case the measurement method is based on

- the analysis of the combined spectrum with a bandwidth equal to the CISPR measuring receiver,
- measurement with a narrow bandwidth (in case of narrowband EUT disturbance; the use of a narrow bandwidth will increase the EUT disturbance to ambient emission ratio),
- the use of the average detector for narrowband EUT disturbance, and
- accounting for superposition of EUT disturbance and ambient emission, if separation is not possible.

A.4.4.2 Unmodulated EUT disturbance

The amplitude of the EUT disturbance (see Figure A.8) should be measured with the average detector (specified in CISPR 16-1-1). The measurement error depends on the average value of the broadband signal spectrum within the selected bandwidth. This measurement error can be minimized by choosing a measurement bandwidth that maximizes the EUT disturbance to ambient emission ratio (selectivity method).



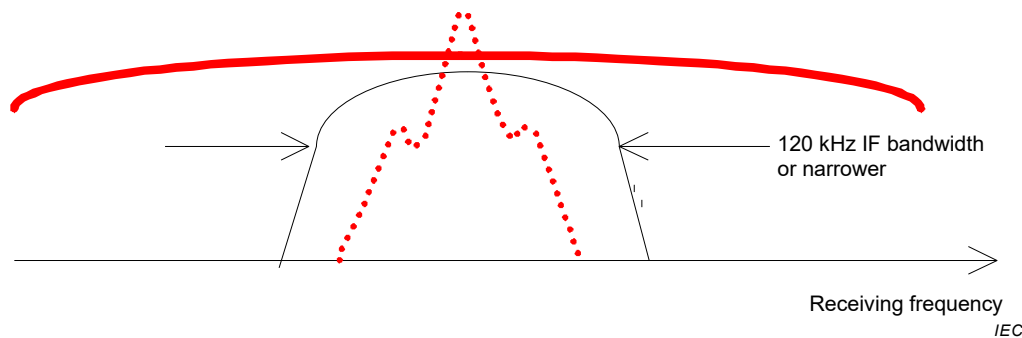
Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line)

A.4.4.3 Amplitude-modulated EUT disturbance

The amplitude of the EUT disturbance (see Figure A.9) is measured with the average detector, although an additional measurement error of up to 6 dB (at 100 % modulation) compared with a quasi-peak detector shall be accounted for. The measurement bandwidths chosen should maximize the EUT disturbance to ambient emission ratio (selectivity method).



Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line)

A.4.4.4 Pulse-modulated EUT disturbance

It is not easy to detect and recognise a pulse-modulated EUT disturbance in a broadband ambient signal spectrum with a high level of reliability, because the 100 % amplitude modulation of the disturbance may mask the EUT disturbance within the spectrum.

The amplitude of the EUT disturbance can be measured with the average detector in case of high duty cycles. Due to the 100 % amplitude modulation depth with smaller duty cycles, the use of the average detector will cause an increasing measurement error compared with the quasi-peak detector. In the case of a duty cycle of 1:1 and use of the linear average detector, the measurement error is 6 dB. The measurement bandwidth should be such that the relationship between the measured average value of the EUT disturbance and the average value of the broadband ambient signal is maximized.

In case of low duty cycles, the average value will substantially deviate from the QP value. In this case the peak detector should be used together with a measurement bandwidth as narrow as possible but still wide enough to capture the complete disturbance bandwidth. Superposition with the ambient emission may have to be accounted for.

A.4.4.5 Broadband EUT disturbance

As a rule, broadband disturbance cannot be detected or measured in a broadband ambient signal spectrum. It may be possible to measure such a disturbance outside the ambient signal spectrum or by accounting for superposition.

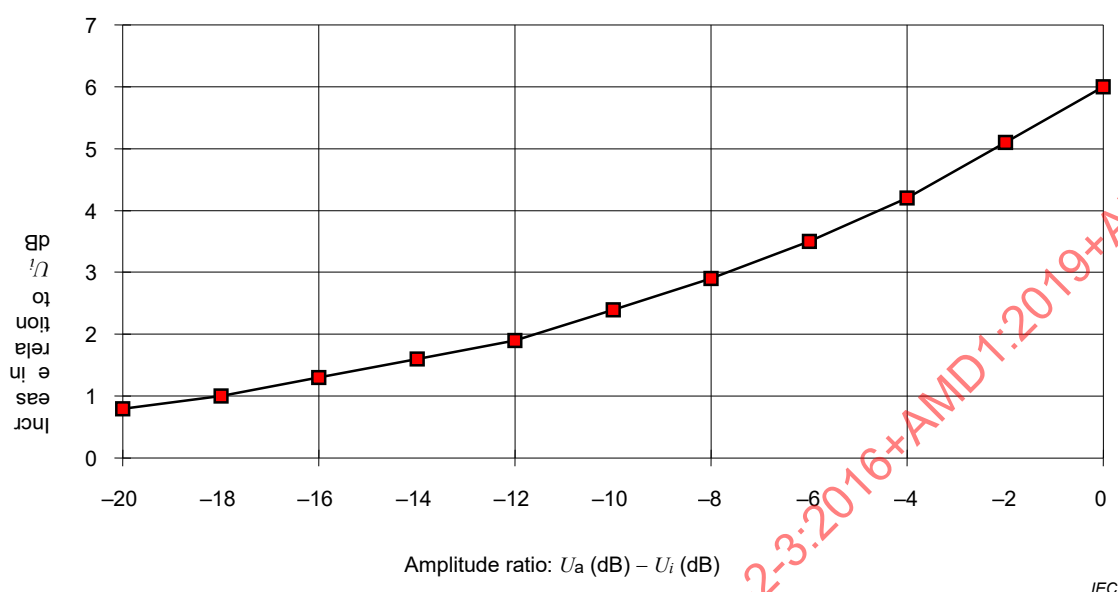
The combinations of EUT disturbance with the ambient emission, and the error involved in the measurement, are displayed in Table A.2.

NOTE A scanning receiver or spectrum analyzer will show the spectra of two different broadband signals, unless the signal frequencies or pulse rates are harmonically related with each other, or the sweep rate of the measuring instrument is harmonically related with the measured pulse rates.

A.5 Determination of the EUT disturbance in case of superposition

If, as a result of the selection of the EUT disturbance and the ambient emission, the measured level to ambient emission ratio is lower than 20 dB, the superposition of ambient emission and EUT disturbance needs to be accounted for. For impulsive broadband voltage, the following calculation can be made.

The received signal U_r is the sum of the EUT disturbance U_i and the ambient emission U_a . U_a can be measured only when the EUT is switched off. The superposition is linear for the peak detector (see Figure A.10).



Key:

U_a is level of ambient emission

U_i is level of EUT disturbance

Figure A.10 – Increase of peak value with superposition of two unmodulated signals

The following equation applies when using the peak detector:

$$U_r = U_i + U_a \quad (\text{A.1})$$

The EUT disturbance can thus be calculated from

$$U_i = U_r - U_a \quad (\text{A.2})$$

The amplitude ratio d of the received signal to the ambient emission can be measured easily.

$$D = \frac{U_r}{U_a}, \quad d = 20 \lg D \quad (\text{A.3})$$

The ambient emission U_a can be substituted in Equation (A.2):

$$U_i = U_r - \frac{U_r}{D} = U_r \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.4})$$

or

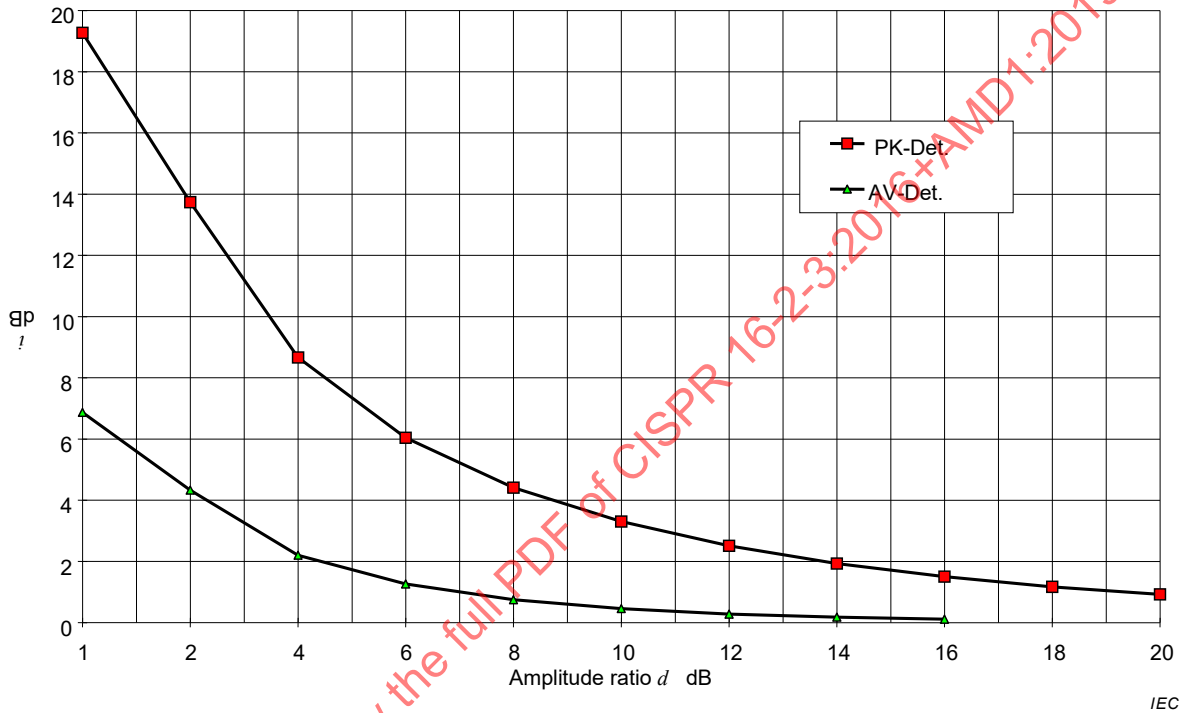
$$U_{i, \text{dB}} = U_{r, \text{dB}} + 20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.5})$$

Defining i by Equation (A.6) as

$$i = -20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.6})$$

serves to determine the amplitude of the EUT disturbance. The factor i is illustrated in Figure A.11. Using i from Figure A.11, the amplitude of the EUT disturbance can be calculated as follows:

$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} - i \quad (\text{A.7})$$



Key:

U_a is the ambient signal in dB

U_r is the resulting indication of received signal (by superposition) in dB

U_i is the disturbance signal in dB

$$d = U_r - U_a$$

$$U_i = U_r - i$$

$$i = -20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right)$$

Figure A.11 – Determination of the amplitude of the disturbance signal by means of the amplitude ratio d and the factor i (see Equation (A.3) and Equation (A.6))

Figure A.11 can be used as follows:

- measure the ambient field strength U_a in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (EUT off);
- measure the resultant field strength U_r in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (EUT on);

- c) determine $d = U_r - U_a$;
- d) find the value of i from Figure A.11;
- e) determine U_i in dB(μ V/m) using $U_i = U_r - i$.

If the received signal is measured with the average detector, Figure A.12 can be applied. Figure A.12 shows that in the case of unmodulated signals the following equation

$$U_r = \sqrt{U_i^2 + U_a^2} \quad (\text{A.8})$$

can be used with an additional measurement error of up to about 1,5 dB. In case of modulation, the error decreases (see Figure A.12) but the errors in Table A.2 shall be accounted for.

By means of the average detector, the in-band disturbance can be estimated by applying Equation (A.7) if the curve of the average detector (Figure A.11) is used. In this case the factor i is defined as

$$i = -10 \lg \left(1 - \frac{1}{D^2} \right) \quad (\text{A.9})$$

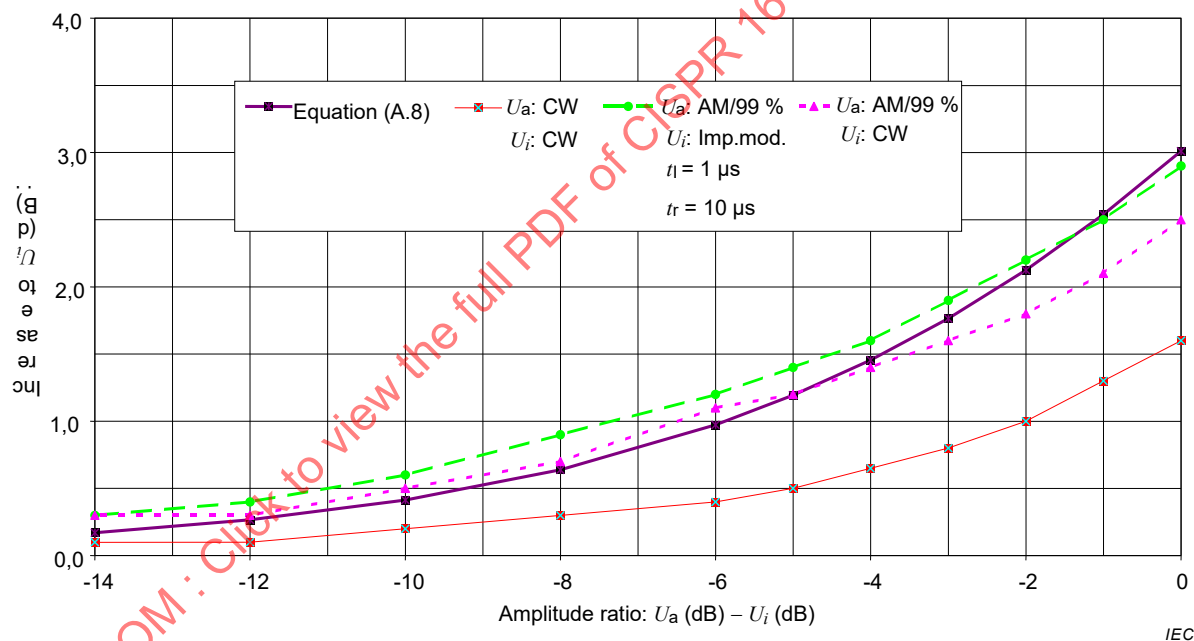


Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8)

Table A.2 – Measurement error depending on the detector type and on the combination of ambient and disturbing signal spectra

Ambient emission	EUT disturbance			
	Unmodulated	Amplitude-modulated	Pulse-modulated	Broadband disturbance
Narrowband				
Steps taken to increase signal-to-noise ratio	Increased selectivity	Increased selectivity	Increased selectivity	Measurement outside ambient emission
Error of peak value $\left(\frac{PK}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to +1,4 dB for bands C, D +3 dB for band B	Less than or equal to +1 dB $\left(\frac{UPK}{UAV} \leq 12 \dots 15 \text{ dB} \right)$	–
Error of average value $\left(\frac{AV}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to –6 dB ^a	Greater than or equal to –6 dB ^a	–
Broadband				
Steps taken to increase signal-to-noise ratio	Selectivity	Selectivity	Selectivity	No measurement possible (superposition only)
Error of peak value $\left(\frac{PK}{QP} \right)$	+X dB ^a	Less than or equal to +X dB ^a	Greater than or equal to +X dB ^a	–
Error of average value $\left(\frac{AV}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to –6 dB ^a	Greater than or equal to –6 dB ^a	–
Key: X is the error depending on the pulse character of the ambient emission. PK is the peak value; QP is the quasi-peak value; AV is the average value. Bands B, C, D are defined as in CISPR 16-1-1.				
^a Measurement procedure not recommended + not allowed for compliance measurements.				

Annex B (informative)

Use of spectrum analyzers and scanning receivers

B.1 General

When using spectrum analyzers and scanning receivers, the following characteristics should be addressed. See also Clause 6 of this standard for additional information.

B.2 Overload

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2 000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation or additional RF preselection may be required to reduce the input signal to this level.

B.3 Linearity test

Linearity can be evaluated by measuring the level of the specific signal under investigation and repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the receiver or, if used, the preamplifier ($X \geq 6$ dB). The new reading of the receiver display should differ by X dB up to $\pm 0,5$ dB from the first reading, if the measuring system is linear.

B.4 Selectivity

The spectrum analyzer and scanning receiver shall have the bandwidths specified in CISPR 16-1-1 to correctly measure broadband and impulsive signals, and narrowband disturbances with several spectrum components within the standardized bandwidth.

B.5 Normal response to pulses

The response of a spectrum analyzer and a scanning receiver with quasi-peak detection can be verified with the calibration test pulses specified in CISPR 16-1-1. The large peak voltage of the calibration test pulses typically requires insertion of an RF attenuation of 40 dB or more to satisfy the linearity requirements. This decreases the sensitivity and makes the measurement of low repetition rate and isolated calibration test pulses impossible for bands B, C and D. If a preselecting filter is used ahead of the receiver, then the RF attenuation can be decreased. The filter limits the spectrum width of the calibration test pulse as seen by the mixer.

B.6 Peak detection

The normal (peak) detection mode of spectrum analyzers provides a display indication that, in principal, is never less than the quasi-peak indication. It is convenient to measure emissions using peak-detection because it allows faster frequency scans than quasi-peak detection. Those signals that are close to the emission limits then need to be re-measured using quasi-peak detection to record quasi-peak amplitudes.

B.7 Frequency scan rate

The scan rate of a spectrum analyzer or a scanning receiver should be adjusted for the CISPR frequency band and the detection mode used. The minimum sweep time/frequency is listed in the following table:

Band	Peak-detection	Quasi-peak detection
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C and D	1 ms/MHz	20 s/MHz

For a spectrum analyzer or scanning receiver used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode and according to the needs for observing the behaviour of the emission. If the level of disturbance is not steady, the reading on the receiver must be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 6.5.1).

B.8 Signal interception

The spectrum of intermittent emissions may be captured with peak-detection and digital display storage if provided. Multiple, fast frequency scans reduce the time to intercept an emission compared to a single, slow frequency scan. The starting time of the scans should be varied to avoid any synchronism with the emission and thereby hiding it. The total observation time for a given frequency range shall be longer than the time between the emissions. Depending upon the kind of disturbance being measured, the peak detection measurements can replace all or part of the measurements needed using quasi-peak detection. Re-tests using a quasi-peak detector should then be made at frequencies where emission maxima have been found.

B.9 Average detection

Average detection with a spectrum analyzer is obtained by reducing the video bandwidth until no further smoothing of the displayed signal is observed. The sweep time shall be increased with reductions in video bandwidth to maintain amplitude calibration. For such measurements, the receiver shall be used in the linear mode of the detector. After linear detection is made, the signal may be processed logarithmically for display, in which case the value is corrected even though it is the logarithm of the linearly detected signal.

A logarithmic amplitude display mode may be used, for example, to distinguish more easily between narrowband and broadband signals. The displayed value is the average of the logarithmically distorted IF signal envelope. It results in a larger attenuation of broadband signals than in the linear detection mode without affecting the display of narrowband signals. Video filtering in log-mode is, therefore, especially useful for estimating the narrowband component in a spectrum containing both.

B.10 Sensitivity

Sensitivity can be increased with low noise RF pre-amplification ahead of the spectrum analyzer. The input signal level to the amplifier should be adjustable with an attenuator to test the linearity of the overall system for the signal under examination.

The sensitivity to extremely broadband emissions that require large RF attenuation for system linearity is increased with RF preselecting filters ahead of the spectrum analyzer. The filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the

intermodulation products they cause. If such filters are used, they shall be calibrated with broadband signals.

B.11 Amplitude accuracy

The amplitude accuracy of a spectrum analyzer or a scanning receiver may be verified by using a signal generator, power meter and precision attenuator. The characteristics of these instruments, cable and mismatch losses have to be analysed to estimate the errors in the verification test.

Annex C (informative)

Scan rates and measurement times for use with the average detector

C.1 Purpose

This annex is intended to give guidance on the selection of scan rates and measurement times when measuring impulsive disturbance with the average detector.

The average detector serves the following purposes:

- a) to suppress impulsive noise and thus to enhance the measurement of CW components in disturbance signals to be measured;
- b) to suppress amplitude modulation (AM) in order to measure the carrier level of amplitude modulated signals;
- c) to show the weighted peak reading for intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances using a standardized meter time constant.

Clause 6 of this standard defines the average measuring receiver for the frequency range 9 kHz to 1 GHz.

In order to select the proper video bandwidth and the corresponding scan rate or measurement time, the following considerations apply.

C.2 Suppression of disturbances

C.2.1 Suppression of impulsive disturbance

The pulse duration T_p of an impulsive disturbance is often determined by the IF bandwidth, B_{res} , i.e. $T_p = 1/B_{res}$. For the suppression of such noise, the suppression factor a is then determined by the video bandwidth B_{video} relative to the IF bandwidth, i.e. $a = 20 \lg(B_{res}/B_{video})$. The bandwidth B_{video} is determined by the bandwidth of the low-pass filter following the envelope detector. For longer pulses, the suppression factor will be lower than a . The minimum scan time $T_{s \min}$ (and maximum scan rate $R_{s \max}$) is determined using:

$$T_{s \min} = \frac{k \Delta f}{B_{res} B_{video}} \quad (C.1)$$

$$R_{s \max} = \frac{\Delta f}{T_{s \min}} = \frac{B_{res} B_{video}}{k} \quad (C.2)$$

where

Δf is the frequency span and

k is a proportionality factor that depends on the speed of the measuring receiver or spectrum analyzer.

For the longer scan times, k is very close to a factor of one (1). If a video bandwidth of 100 Hz is selected, the maximum scan rates and pulse suppression factors in Table C.1 are obtained.

Table C.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Video bandwidth B_{video}	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Maximum scan rate	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Maximum suppression factor	6 dB	39 dB	61,5 dB

This can be applied for product standards calling out quasi-peak and average limits in bands B (and C) if short pulses are expected in the disturbance signal. Compliance of the EUT with both limits shall be demonstrated. If the pulse repetition frequency is greater than 100 Hz and the quasi-peak limit is not exceeded by the impulsive disturbance, then the short pulses are sufficiently suppressed for average detection with a video bandwidth of 100 Hz.

C.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging

Average detection may be done by digital averaging of the signal amplitude. An equivalent suppression effect can be achieved if the averaging time is equal to the inverse of the video filter bandwidth. In this case, the suppression factor $a = 20 \lg(T_{\text{av}} B_{\text{res}})$, where T_{av} is the averaging (or measuring) time at a certain frequency. Consequently a measurement time of 10 ms will produce the same suppression factor as a video bandwidth of 100 Hz. Digital averaging has the advantage of zero delay time, when switching from one frequency to another. On the other hand, for averaging of a certain pulse repetition frequency f_p , the result may vary depending on whether n or $(n + 1)$ pulses are averaged. This has an effect of less than 1 dB, for $(T_{\text{av}} f_p) > 10$.

C.2.3 Suppression of amplitude modulation

In order to measure the carrier of a modulated signal, the modulation has to be suppressed by signal averaging over a sufficiently long time, or by using a video filter of sufficient attenuation at the lowest frequency. If f_m is the lowest modulation frequency, and assuming that the maximum measurement error due to a 100 % modulation is limited to 1 dB, then the measurement time T_m should be $T_m = 10/f_m$.

C.3 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances

In CISPR 16-1-1, the response to intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances is defined using the peak reading with meter time constants of 160 ms (for Bands A and B) and 100 ms (for Bands C and D). These time constants correspond to second order video filter bandwidths of 0,64 Hz or 1 Hz respectively. For correct measurements, these bandwidths would require very long measurement times (see Table C.2).

Table C.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and minimum scan times

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Meter time constant	160 ms	160 ms	100 ms
Video bandwidth B_{video}	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Minimum scan time	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

This applies, however, only for pulse repetition frequencies of 5 Hz or less. For all higher pulse widths and modulation frequencies, higher video filter bandwidths may be used (see C.2.1). Figure C.1 and Figure C.2 show the weighting function of a pulse with 10 ms pulse duration versus pulse repetition frequency f_p with peak reading (CISPR AV) and with true averaging (AV) for meter time constants of 160 ms (Figure C.1) and 100 ms (Figure C.2).

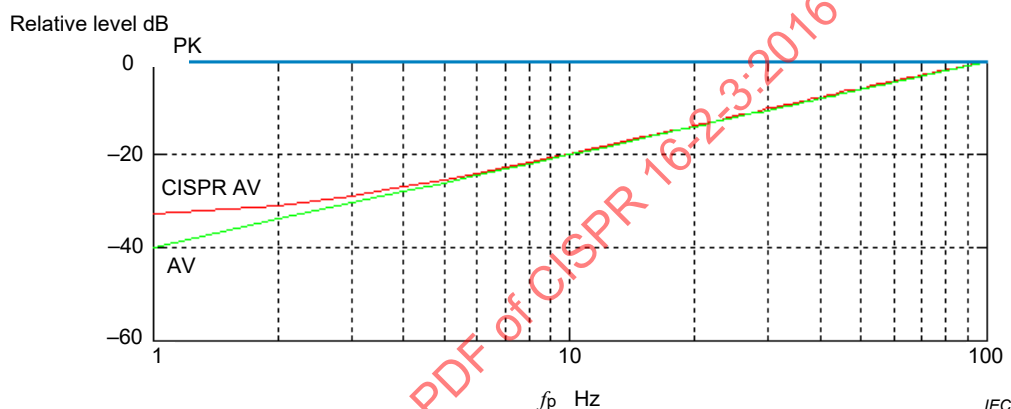


Figure C.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading; meter time constant 160 ms

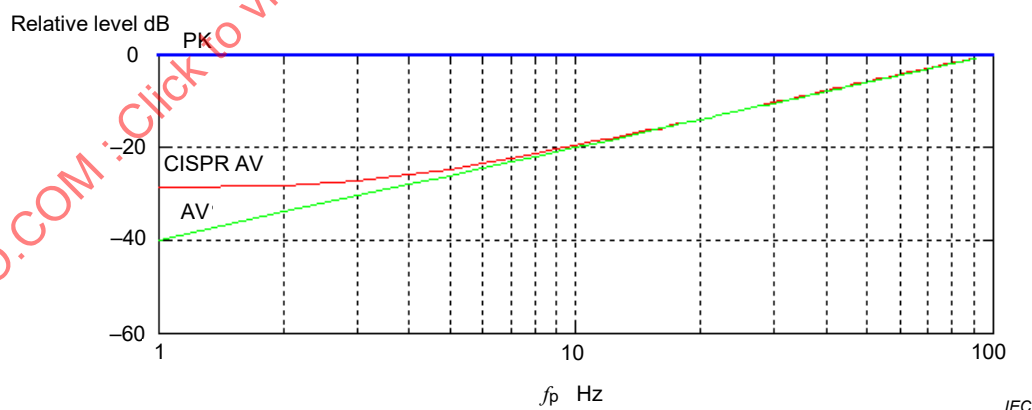


Figure C.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading; meter time constant 100 ms

Figure C.1 and Figure C.2 imply that the difference between average with peak reading (CISPR AV) and without peak reading (AV) increases as the pulse repetition frequency f_p

decreases. Figure C.3 and Figure C.4 show the difference for $f_p = 1$ Hz, as a function of pulse width.

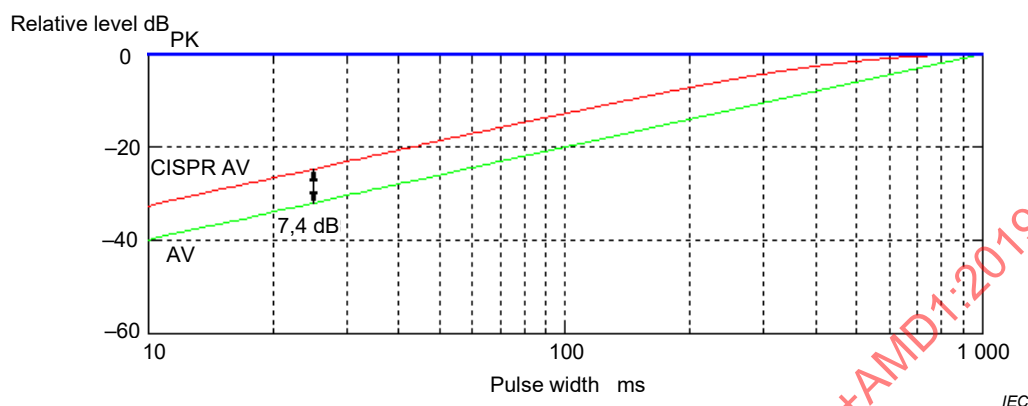


Figure C.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms

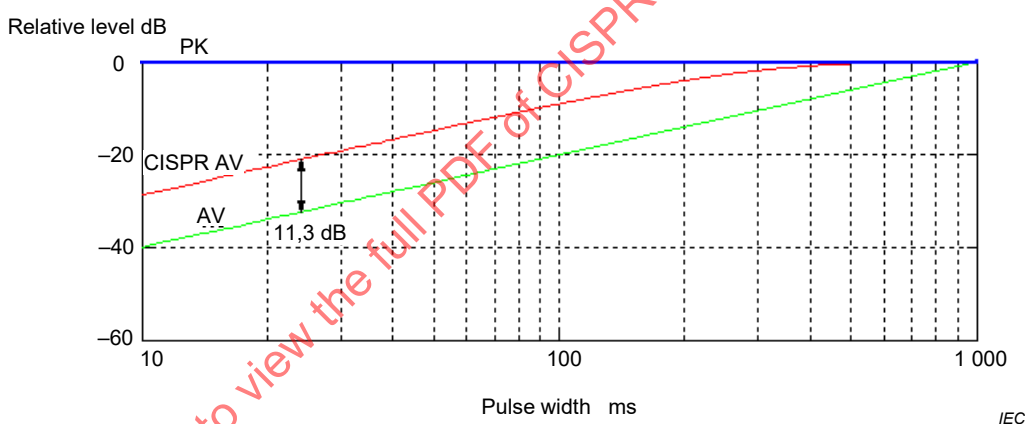


Figure C.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms

C.4 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements

When measuring EUTs that do not emit slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, it is recommended to measure with the average detector using a video filter bandwidth of e.g. 100 Hz, i.e. a short averaging time during a pre-scan procedure. At frequencies where the emission is found to be close to the average limit, it is recommended to make a final measurement using a lower video filter bandwidth, i.e. a longer averaging time. (For the pre-scan/final measurement procedure, see also Clause 8).

For slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred method.

Annex D (informative)

Explanation of the APD measurement method applying to the compliance test

One of the following two methods is used when the APD measurement is applied for a compliance test. Figure D.1 and Figure D.2 illustrate the specifics of the APD measurement methods, involving the measurement of the level of disturbance (i.e. Method 1, see 7.6.6.3.2) and the measurement of the probability (i.e. Method 2, see 7.6.6.3.3), respectively.

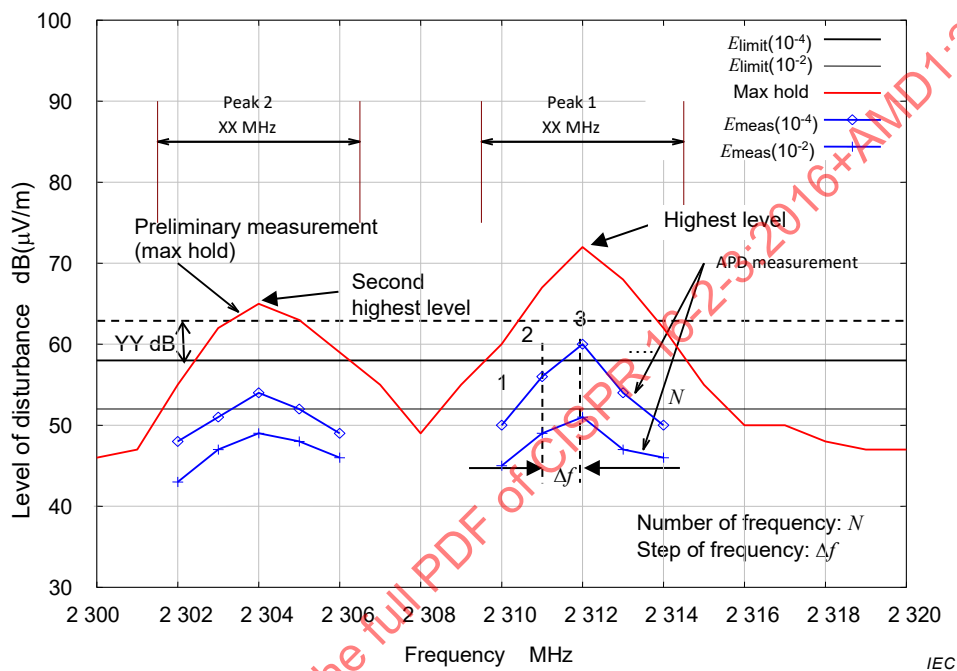


Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances

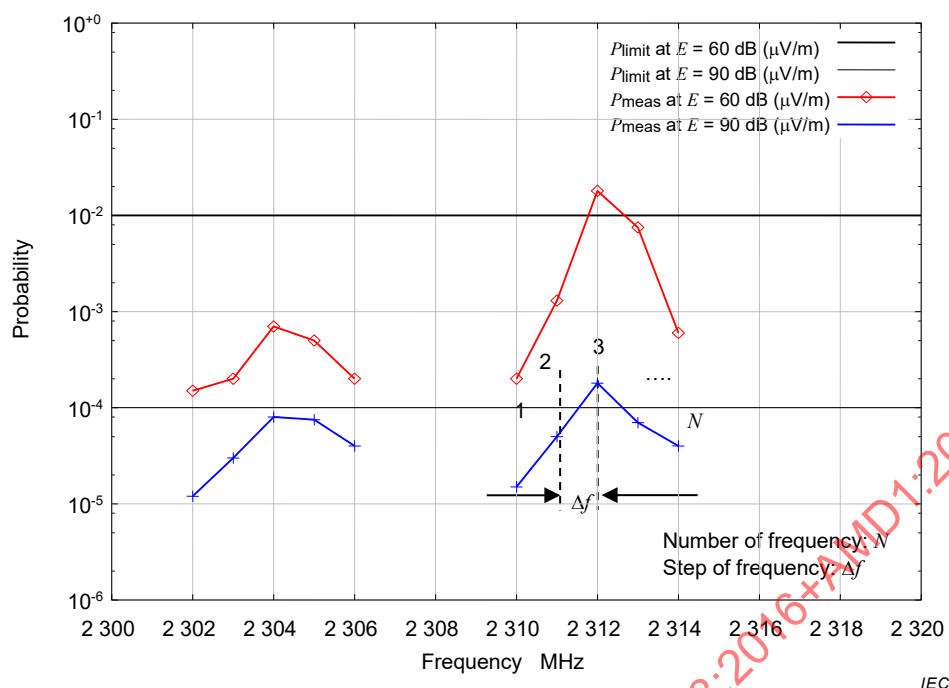


Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances

If the preliminary measurement results, obtained by using the maximum-hold display mode and peak detection, exceed the specified APD limit (the higher limit should be used if two APD limits apply) by YY dB at certain frequencies, then the APD measurement should be performed at these identified frequencies. The value YY dB is to be specified by the relevant product committee (e.g. $YY = 5, 10$, etc.).

In case of fluctuating disturbances, the product committee should specify the frequency range XX ($= \Delta f \times N$) MHz in which the APD measurements are to be performed, where Δf is the frequency step size and N is the number of frequencies. This frequency range should be specified according to the characteristics of the product.

As a first step, XX is determined by the preliminary measurement results. Then, Δf should be equal to the resolution bandwidth ($RBW = 1$ MHz for measurements above 1 GHz) of the spectrum analyzer. However, all frequencies that have an APD value within approximately 6 dB of the APD limit may require further investigation with a smaller frequency step size (i.e. $B_6/2$, where B_6 is the 6-dB bandwidth of the spectrum analyzer). RBW of the spectrum analyzer for measurements above 1 GHz is defined by the impulse bandwidth B_{imp} rather than the 6-dB bandwidth B_6 . The relation between B_{imp} and B_6 is dependent upon the filter type, and cannot be generalized. If B_{imp} can be approximated to B_6 , then the smaller frequency step size $B_6/2$ is recommended to be $B_{imp}/2$ (i.e. 0,5 MHz) for measurements above 1 GHz. Finally, N is determined from the values of XX and Δf .

Annex E (normative)

Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests

The user of a spectrum analyzer shall be able to demonstrate, either through specifications from the manufacturer or by measurement, that the analyzer meets the quasi-peak detection requirements for pulse-repetition frequencies greater than 20 Hz in the frequency range of use. For the average detector the response to pulses is called out in CISPR 16-1-1.

Since the measurement of the pulse repetition frequency of an emission may not always be possible, a simple method to verify the validity of the quasi-peak measurement shall be applied when a spectrum analyzer is used. This method is based on a comparison of measurement results with the peak and quasi-peak detectors. From the quasi-peak weighting functions, the amplitude differences shown in Table E.1 are the results of measurements for a signal with a pulse repetition frequency of 20 Hz.

Table E.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals

Band A	Band B	Bands C and D
7 dB	13 dB	21 dB

The comparison measurement is to be made at signal frequencies that show an amplitude close to the applicable limit in quasi-peak detection. If the difference between the peak and quasi-peak detected amplitude is smaller than the value in Table E.1 the quasi-peak measurement is valid and the result obtained with a spectrum analyzer can be used to demonstrate compliance. If the amplitude difference is larger than the stated values in Table E.1 a measuring receiver that fully complies with the low-PRF requirements of CISPR 16-1-1 is to be used for the quasi-peak measurement instead of a spectrum analyzer. This comparison measurement requires an adequate signal-to-noise ratio to ensure proper results.

Annex F (informative)

Background for EUT-volume specifications depending on measurement distance and frequency range

F.1 General

The following four criteria limit the EUT volume depending on measurement distance and frequency range:

- limitation of field-strength underestimation effects when making radiated disturbance measurements at a short distance for an EUT with a given EUT volume diameter, compared to measurements of the same EUT at the protection distance;
- limitation due to near-field effects;
- limitation due to the receive antenna beamwidth;
- limitation due to the results of test-site validation.

The criterion yielding the smallest volume for each frequency range shall be applied.

Regarding the criteria for the specification of EUT volumes in 7.1, except for 7.1.2.1 a) and c), background is provided in Clauses F.2, F.3, F.4 and F.5.

NOTE In case of the LLAS, the TEM waveguide and the reverberation chamber, the restrictions are not based on the same criteria as for the other test methods.

F.2 Criterion 1 – Limitation of field-strength underestimations due to a large ratio of EUT volume diameter-to-measurement distance for short-distance measurements

F.2.1 General

Disturbance measurements performed at short distances are intended to support demonstrating compliance to a disturbance limit at the protection distance. The protection distance is the distance for which the radiated disturbance limit was originally developed. Here it is assumed that the protection distance for the frequency range 9 kHz to 30 MHz is 30 m, and for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz is 10 m. Test configurations with distances of 3 m (for 9 kHz to 1 000 MHz) and 10 m (for 9 kHz to 30 MHz) are alternative test configurations that were developed for ease of testing.

Results with an alternative test method need to be comparable with the results of established test methods. A good example of field strength conversion for the frequency range 9 kHz to 30 MHz is given in [19], [20]. CISPR TR 16-4-5 describes conditions for the use of alternative test methods; however, it does not contain any considerations for large EUTs nor near-field effects, and the examples in its Annex B are limited to small EUTs.

F.2.2 9 kHz to 30 MHz

Below about 1,6 MHz at the protection distance of 30 m, the measurement antenna is in the reactive near field of the EUT, and the magnetic field strength decreases proportionally to $1/d^3$. For the distance of 10 m, the measurement antenna is in the reactive near field at all frequencies below about 4,8 MHz, while for the 3 m distance the measurement antenna is in the reactive near field of the EUT for all frequencies below about 16 MHz.

For an example EUT volume diameter of 3 m, rotated around its centre, a radiating source located at the EUT centre is 31,5 m away from the receive antenna when the EUT is measured at the protection distance of 30 m. Assuming that the field strength measured at 30 m from the boundary of the EUT is equal to the applicable limit at 30 m, the field strength from the radiation source located at the EUT centre will be 1,3 dB above this limit. In case of a 3 m measurement distance, under similar assumptions (i.e. 3 m EUT volume diameter, with measured field strength equal to the limit value) the field strength from the radiating source at the centre of the EUT will be 10,6 dB above the limit (the 3 m limit, in this case). This represents a 9,3 dB increase in the difference between measured field strengths originating from the EUT centre versus the EUT boundary, when measurements are performed at 3 m, compared to the level of this difference for the 30 m measurement distance.

It should be noted that the 10,6 dB (or 9,3 dB) amount contributes to the uncertainty of the conversion factor from 30 m to 3 m with a maximum EUT volume diameter of 3 m. If the EUT volume diameter is 1,5 m, then the field strength underestimation effect for a worst-case location of the radiating source at the EUT volume centre for a measurement distance of 3 m when compared to the protection distance of 30 m is 5,2 dB (still a high amount). In this case it is proposed to accept 5 dB as a compromise, i.e. to accept 1,5 m as EUT volume diameter. Insisting on a value of 1 dB would require an EUT diameter of less than 0,3 m, which is not acceptable.

A solution for a larger EUT volume diameter (e.g. 3 m) in this frequency range is presented in [18], along with a conservative approach for the determination of disturbance limits for 3 m measurement distance.

F.2.3 30 MHz to 1 000 MHz

In this frequency range measurements at 3 m and 5 m distances are alternative test methods, i.e. alternative to the established test method with 10 m distance.

For the comparison it is assumed that the measurements happen under – or close to – far-field conditions. If the EUT volume has 3 m diameter, then for a 3 m measurement distance a radiator at the centre has a separation distance of 4,5 m, which reduces the measured field-strength value at the antenna location by an amount of 3,5 dB below the value that would be measured by the receive antenna if the same radiator was at the boundary of the EUT volume.

Compared to the situation for 10 m measurement distance, where the EUT volume centre is 11,5 m away from the antenna, the radiation from the centre is reduced by an amount of 2,3 dB when the EUT volume has 3 m diameter at 3 m measurement distance. If the EUT volume has 1,5 m diameter, this effect is reduced to approximately 1,3 dB. Similar considerations apply if large EUTs, e.g. diameter of 10 m, are measured at 10 m distance. In this case, product committees need to consider that a radiation source in the centre will be up to 15 m away from the receive antenna.

NOTE The radiating source at the centre of the EUT does not represent the worst case for this particular effect. The worst case scenario can be a directive radiating source at higher frequencies radiating towards the centre of the EUT volume, which faces the measurement antenna when that source is farthest from the EUT.

F.2.4 1 GHz to 18 GHz

According to 7.6.2 of this document, the preferred measurement distance above 1 GHz is 3 m. Also 5.7 of CISPR TR 16-4-4:2007 [16] uses the distance of 3 m for limit calculations (comparison with disturbance power). As explained in F.3.4, EUTs will normally be too large to satisfy the near-field condition not exceeding deviations of 1 dB at 3 m distance. Thus when the EUT fits into the 3 dB beamwidth of the measurement antenna at 3 m distance (see 4.6.1 of CISPR 16-1-4:2019 and see Criterion 3), then the measurement is valid despite near-field effects. Otherwise the measurement distance shall be extended to 5 m or up to a maximum of 10 m, so that the antenna beamwidth can encompass the EUT. In all cases the test volume shall comply with the validation criteria at the final measurement distance.

F.3 Criterion 2 – Limitation due to near-field effects

F.3.1 General

Two cases are considered for near-field effects, based on dimensions relative to the wavelength of both the measurement antenna and the radiating source within the EUT: frequency ranges and EUTs where the near field is defined as $d < \lambda$, and frequency ranges and EUTs where the near field is defined as $d < D^2/(2\lambda)$. Further details are given in F.3.2 through F.3.4.

NOTE In most cases only the EUT and its dimensions are known, whereas the radiating source location and dimensions within the EUT cannot be identified.

F.3.2 9 kHz to 30 MHz

In this frequency range, any radiating source portion of the EUT is electrically small relative to the wavelength. As such, the boundary between the reactive near field and the radiative near field will be at a distance of $\lambda/2\pi$ from the EUT, while the boundary between the radiative near field and the far field will be at a distance of λ from the EUT. Below about 1,6 MHz the receive antenna is in the reactive near field of the EUT at all measurement distances, i.e. 3 m, 10 m, and 30 m. Between about 1,6 MHz and 10 MHz at a 30 m measurement distance, between about 4,8 MHz and 30 MHz at a measurement distance of 10 m, and above about 16 MHz at a measurement distance of 3 m, the receive antenna is in the radiative near field of the EUT. At and above 10 MHz (for 30 m distance) as well as at 30 MHz (for 10 m distance), the receive antenna is in the far field of the EUT. For the 3 m distance, the receive antenna is in the radiative near field of the EUT for all frequencies between 16 MHz and 30 MHz; in this case, the far field conditions start only at 100 MHz. Radiated disturbance limits (magnetic field strength) are defined for various measurement distances taking the frequency-dependent conversion factors from the protection distance into account.

Limitations of EUT volumes based on Criterion 1 take near-field effects into consideration. Any deviation from a specified measurement distance should be avoided in actual measurements. Any deviation from the specified measurement distance will have to be considered in the uncertainty analysis. For *in situ* measurements disturbance limits at varying distances can be found using 7.7 of this document.

NOTE Requirements and validation methods for test sites below 30 MHz are in preparation.

F.3.3 30 MHz to 1 000 MHz

The distance of 10 m is the protection distance for equipment to be used in residential locations, which means that equipment of any size should be measurable at 10 m distance, because this is a preferred distance. Equipment to be used in residential locations is typically smaller than equipment to be used in industrial locations. The protection distance for equipment to be used in industrial locations is 30 m. However, despite that the 30 m OATS is specified in CISPR 16-1-4, equipment that is intended to be used in industrial locations and is larger than $D = 3$ m cannot be restricted to be measured exclusively at 30 m distance. The measurand is defined for a 10 m distance at the OATS/SAC in 7.3.1 of this document. The 10 m measurement method is the established test method in CISPR TR 16-4-5. However, the near-field criterion applies for measurement distances of 3 m and 5 m, because the conversion of disturbance limits for alternative test methods works only for sufficiently small equipment.

The inequality given in 7.3.4 used to determine the minimum measurement distance depending on the EUT volume diameter D is:

$$d \geq \frac{D^2}{2\lambda} \quad (\text{F.1})$$

According to Silver [23], Equation (F.1) applies for far-field requirements of aperture antenna pattern measurements. Reference [23] explains the background as follows.

The antenna gain G measured at a distance d is given by

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \left(\frac{\sin x}{x} \right)^2, \text{ where } x = \frac{ka^2}{4d} \text{ with } k = 2\pi/\lambda \text{ and } a = D/2, A = \text{aperture}$$

In CISPR field-strength measurements, primarily the amplitude is of interest, which is represented by the factor $(\sin x/x)^2$ expressing the ratio of the gain G measured at distance d to the gain G_0 of the true Fraunhofer field at infinity. The values of the gain ratio G/G_0 for three cases are:

$$\text{for } d = 2D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,99 = -0,04 \text{ dB}$$

$$\text{for } d = D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,94 = -0,27 \text{ dB}$$

$$\text{for } d = D^2/2\lambda \quad G/G_0 = 0,81 = -0,91 \text{ dB}$$

This means that Equation (F.1) includes amplitude deviations from far field due to near-field effects close to 1 dB. The values in the first two rows of Table F.1 have been derived using Equation (F.1).

Table F.1 – Maximum EUT volume diameters ($D_{\max}$) and heights ($h_{\max}$) per Formula (F.1) for various measurement distances (d)

d/m	3	5	10	30
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ at 500 MHz	1,9	2,45	3,46	6,0
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ at 1 000 MHz	1,34	1,73	2,45	4,24
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ recommended	1,5	2,0	3,0 ^a	-
^a Recommended maximum volume for a FAR as an alternative test method				

For its applicable conditions, Equation (F.1) gives a value of $D = 1,34$ m at a measurement distance of 3 m at 1 000 MHz, which is close to a diameter and a height of 1,5 m. However, for an OATS/SAC it shall be taken into account that the EUT height is doubled due to the image of the EUT in the ground plane. A diameter of 1,5 m and a height of 1,5 m at 3 m distance are compromises. Actually the EUT is not 3 m high, but it is an EUT of 1,5 m height mutually coupled with its image in the ground plane. During the antenna height scan at 3 m distance, the maxima found may be different from those found at 10 m distance.

The uncertainty due to the near-field effect for the doubled EUT height needs to be evaluated. It should be noted that comment D3) in Annex D of CISPR 16-4-2:2011 calculates a correction factor and uncertainty contribution at 3 m measurement distance due to the antenna directivity based on an EUT height of 1,5 m. However, U_{CISPR} does not take into account any uncertainty due to near-field effects, which means that the uncertainty due to near-field effects is unknown at 3 m measurement distance. Above about 300 MHz, the cable length contributing to the EUT volume may be assumed to be reduced to less than one wavelength λ (see Garbe [22]).

NOTE The image effect can be avoided by making measurements in a FAR. A FAR has the following several advantages over test sites with a reflecting ground plane:

- a FAR avoids doubling the EUT height due to the absence of a ground plane;
- tilting directive antennas is not needed;
- no antenna height scan is needed;

- free-space antenna factors apply, i.e. no mutual coupling with the ground plane;
- near-field effects contribute less than 1 dB to measurement uncertainty.

At the low end of the 30 MHz to 1 000 MHz frequency range, i.e. at 30 MHz, the analysis in Figure C.4 of CISPR 16-1-6:2014 (repeated as Figure F.1) provides a rationale for the expectation that the deviation due to near-field effects for small EUTs is less than 1 dB at a measurement distance of 3 m. CISPR 16-1-6:2014 Equation (C.17) applies to far-field, and Equation (C.31) to near-field conditions. Also, AFs deviate from free-space AFs in the near field (see Figure F.2).

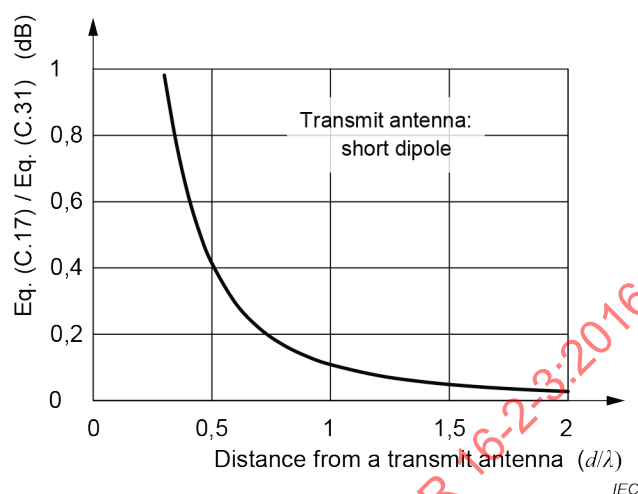


Figure F.1 – Comparison of field strength given by Equation (C.17) of CISPR 16-1-6:2014 versus near-field region given by Equation (C.31) of CISPR 16-1-6:2014

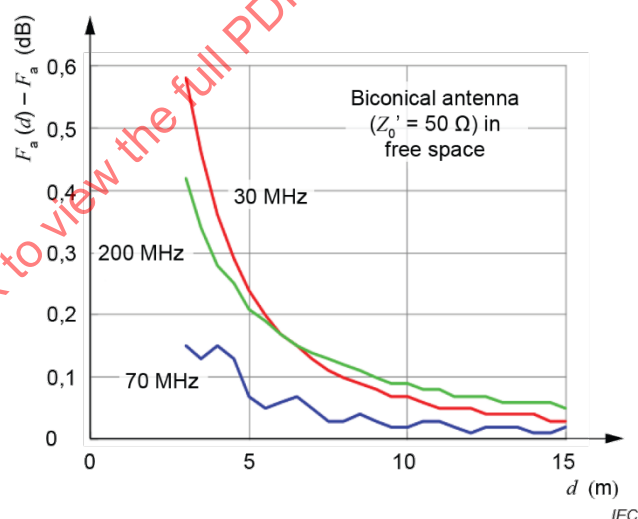


Figure F.2 – Deviation of near-field AFs from free space AFs of a biconical antenna (from Figure C.5.b) of CISPR 16-1-6:2014)

F.3.4 1 GHz to 18 GHz

Above 1 GHz the application of Formula (F.1) to the EUT volume leads to very small EUT volumes; e.g. at 6 GHz and 3 m distance, the EUT volume diameter and height would be limited to 0,5 m rather than 1,4 m. Subclause 7.6.2 says “dominant components of the EUT disturbance signals may be assumed to be incoherent and radiated from a point source,” which is the reason why in this frequency range the quantity D is applied only to the dimensions of the receive

antenna. However the statement “the antenna beam shall encompass the EUT” still applies (see F.4.4).

NOTE An assumption that an EUT can be represented as a group of point sources has not been proven.

In addition, above 1 GHz the principle of a preferred measurement distance applies, which is 3 m, and the disturbance limit applies for this distance. Any deviations from this measurement distance shall be checked carefully because the inverse distance law for the correction of disturbance limits does not apply for EUTs exceeding the far-field condition. CISPR 16-4-2 does not consider near-field effects for measurements at the preferred distance; however, near-field effects increase with larger EUTs. That is the reason why an EUT volume of 1,5 m by 1,5 m is recommended as maximum size at 3 m measurement distance despite that antenna beamwidths in Table 5 allow EUT volume diameters and heights of 3 m by 3 m up to about 6 GHz. Also, if an EUT volume of 1,5 m by 1,5 m is reasonable below 1 GHz, then it should not be larger above 1 GHz. The uncertainty due to near-field effects in this frequency range can be a subject for further study by CISPR/A.

F.4 Criterion 3 – Limitation due to receive antenna beamwidth

F.4.1 General

Scanning an antenna whose HPBW does not fully encompass the EUT across the EUT in steps of the antenna beamwidth during actual measurements leads to an increased standards compliance uncertainty (SCU), because some antennas can cover the EUT radiation fully, while others cover the EUT radiation only partially. Therefore, the operator needs to know the HPBW (3 dB antenna beamwidth) so that the EUT is fully encompassed.

Ideally the combined radiation from all parts within an EUT volume should be measured in the far-field, i.e. in the Fraunhofer region. If the receive antenna is closer than this far-field distance, i.e. in the Fresnel region, the rays from the parts of the EUT can be out of phase; in the extreme case the radiation can appear to be suppressed, with the danger of passing an EUT that should have failed the radiated disturbance measurement. If the entire EUT volume is not encompassed by the HPBW, and therefore the EUT is measured in separate height steps, the measured electric field strength may not represent the true combination of all components at the test point; thus the resultant disturbance field strength will not be known. Height stepping is more akin to using a field probe to “sniff” the radiation close to the EUT. Sniffing is useful in that it identifies the presence of radiation and its frequency, but it is an inaccurate measure of the magnitude of the resultant radiation at the limit distance.

F.4.2 9 kHz to 30 MHz

The directivity (and beamwidth) of the receive loop antenna is normally not a strong limiting factor for the EUT volume.

NOTE Methods of measurement of radiated disturbance in this frequency range are in preparation.

F.4.3 30 MHz to 1 000 MHz

The directivity of the measurement antenna is an influence factor for the uncertainty of radiated disturbance measurements. The entire EUT and its image in the ground plane (except when testing in a FAR) shall be encompassed by the receive antenna HPBW. In the frequency range up to 1 000 MHz, the narrowest antenna beam is the E-plane beam of an LPDA antenna (the beamwidth of a biconical antenna is wider). The typical 3 dB beamwidth (E-plane HPBW) of an LPDA antenna is 60° (2 × 30°). If the 3 dB beamwidth defines the diameter of the test volume, then for $d = 3$ m, the EUT volume diameter can be as large as 6 m ($r = d$; see Figure F.3). An EUT volume diameter of 6 m is four times larger than the 1,5 m diameter established by the limitation of near-field effects.

The EUT volume specification shall also include the maximum EUT height. At 3 m distance a beamwidth of 60° means EUT heights of $\pm 1,73$ m above and below the antenna axis if the antenna is pointing in the horizontal direction. Therefore, if the antenna is not tilted and it is instead kept parallel to the ground at all heights, it will not be able to encompass both the EUT and its image in the ground plane within the antenna beamwidth for most, if not all, of the heights within an applicable height scan range of 1 m to 4 m. The antenna factor applies for the boresight of the antenna and the maximum of the radiation pattern. The full EUT can only be seen if the antenna is tilted towards the point where the EUT touches the ground plane. Some manufacturers are providing antenna towers with optimum tilting angle as shown in Figure F.4 b).

With antenna tilting such that its boresight direction is always oriented towards the point where the EUT touches the ground plane, and assuming a HPBW of 60° for a 3 m measurement distance, the EUT is within the HPBW if its height does not exceed approximately 1,6 m.

This analysis of antenna directivity effects shows that the EUT height specification for an OATS/SAC is more critical than the EUT volume diameter specification, but still the limitation of near-field effects requires smaller EUT heights. When EUTs cannot comply with the EUT volume limits in Table 10, measurements at a larger distance, up to 10 m, may be made by changing the position of the receive antenna.

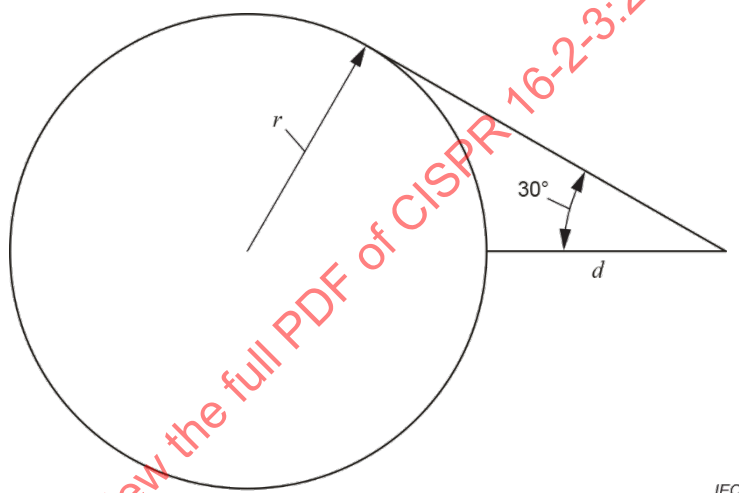


Figure F.3 – Radius r of the test volume for a given distance d and antenna beamwidth of 60°

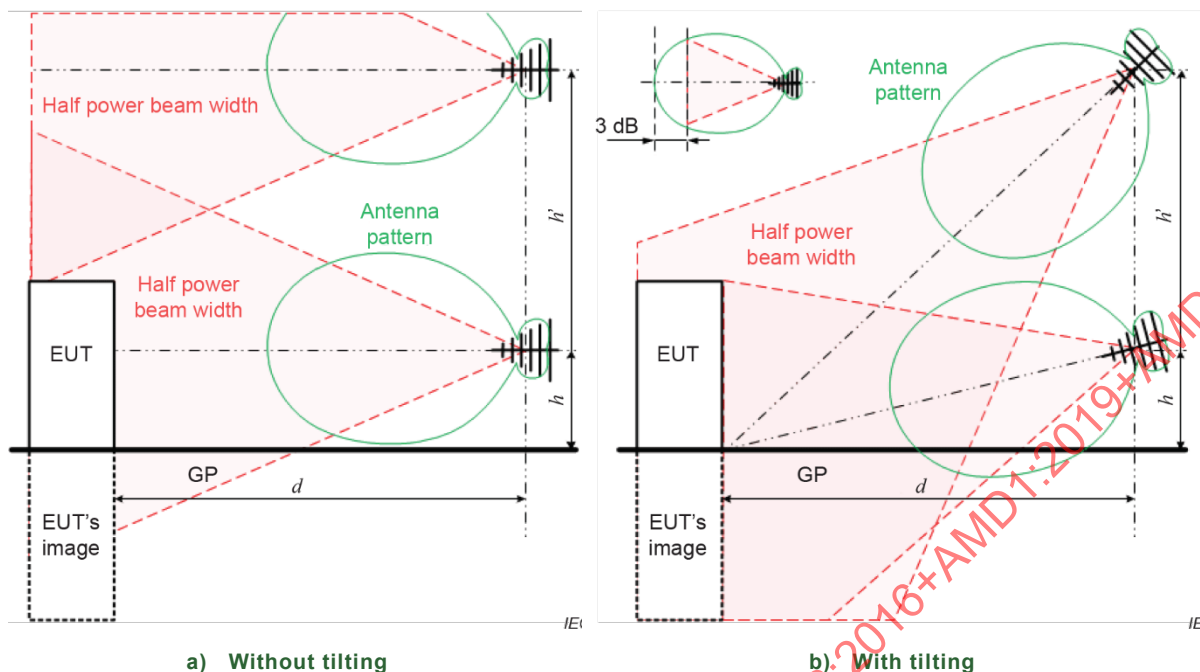


Figure F.4 – Effect of antenna directivity

F.4.4 1 GHz to 18 GHz

The requirement for the antenna HPBW to encompass the EUT is contained in 7.6.6.1 of this document, and in CISPR 16-1-4 (see F.2.4). Table 5 of this document gives values for EUT volume diameter and height for three types of antennas. EUT maximum width w and height h are calculated from receive antenna HPBW and measurement distance using Equation (13). An example of HPBW in degrees is also given in Figure F.5.

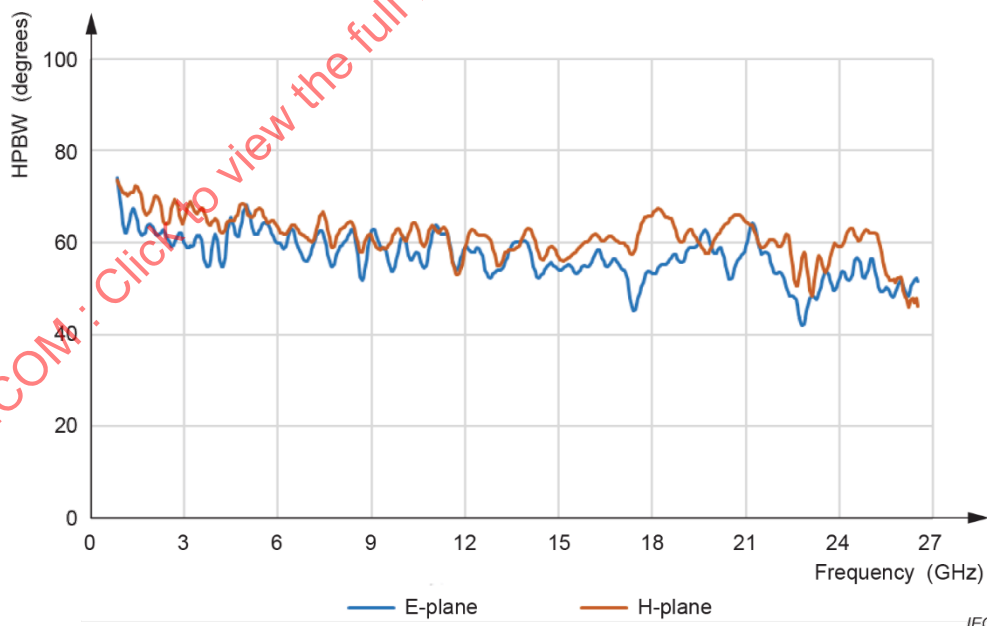


Figure F.5 – HPBW (E-plane/H-plane) of a V-type LPDA antenna

For larger measurement distances, the disturbance limit may be reduced assuming far-field conditions using the equation $L_2 = L_1 + 20 \lg(d_1/d_2)$, where L_1 is the limit at the standard distance $d_1 = 3$ m, and L_2 is the limit at the distance d_2 chosen. The reduction for $d_2 = 5$ m is $-4,4$ dB,

and for $d_2 = 10$ m the reduction is $-10,5$ dB. Where an applicable jurisdiction does not allow modification of the disturbance limit, instead measurement results may be corrected using $M_1 = M_2 + 20 \lg(d_2/d_1)$, where M_1 is the corrected measurement result to be compared with the limit L_1 at the standard distance, and M_2 is the result measured at d_2 . The correction for $d_2 = 5$ m is $4,4$ dB and for $d_2 = 10$ the correction is $10,5$ dB.

Due to the reduced limits, the noise levels will be closer to the disturbance limits; or if the measurement results are corrected rather than the limits reduced, measurement results at d_2 will be closer to the noise level. Figure F.6 shows a system block diagram consisting of preamplifier and measuring receiver. Note that a larger margin between noise level and limit occurs with a peak detector, because the peak detector limit is 20 dB higher than the average detector limit, and the peak detector noise level is typically 12 dB higher than the average detector noise level. The noise level E_N in dB(μ V/m) is calculated using Equation (F.2) and Equation (F.3):

$$E_{Nav} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Nav} + F_a \text{ (average detector)} \quad (F.2)$$

$$E_{Npk} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Npk} + F_a \text{ (peak detector)} \quad (F.3)$$

where $10\lg F_{tot}$ is the noise figure of the receiving system, given by Equation (F.4),

$$10\lg F_{tot} = a_{c1} + 10\lg[F_1 + (F_2 - 1)/10^{(a_{c1} - a_{c2})/10}] \quad (F.4)$$

and

- F is the noise factor (for the preamplifier F_1 , for the receiver F_2), with $10\lg F$ = noise figure (sometimes written using symbol NF);
- B_N is the noise bandwidth of the receiver in Hz (a value of $0,707$ MHz for a 1 MHz Gaussian filter is used);
- w_{Nav} is either w_{Nlinav} or w_{Nlogav} , as applicable
- w_{Nlinav} is the noise weighting factor for the linear average detector (typically -1 dB)
- w_{Nlogav} is the noise weighting factor for the log. average detector (typically $-2,5$ dB)
- w_{Npk} is the noise weighting factor for the peak detector (typically 11 dB)
- F_a is the antenna factor (an antenna with an average gain of $8,5$ dB was assumed, which leads to antenna factors of approximately 22 dB(m^{-1}) at 1 GHz, 37 dB(m^{-1}) at 6 GHz and 47 dB(m^{-1}) at 18 GHz)

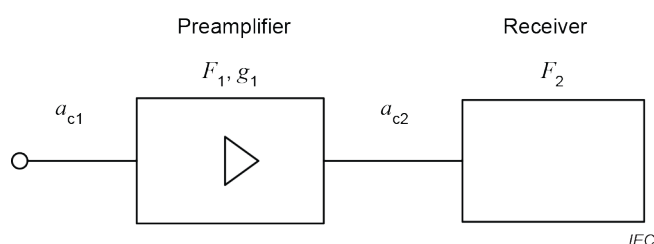


Figure F.6 – Measuring receiver with external preamplifier

Figure F.7 shows the noise level with a linear average detector compared to the disturbance limit of CISPR 32 [17] at 3 m, 5 m, and 10 m distances.

NOTE 1 The system noise figure of 4 dB used in Figure F.7 can be achieved assuming a receiver noise figure of $10\lg F_2 = 10,5$ dB and an attenuation $a_{c2} = 3$ dB at 6 GHz of a 10 m cable (low loss flexible type LMR 500) with an external preamplifier gain $G_1 = 16$ dB and noise figure $10\lg F_1 = 3$ dB close to the antenna ($a_{c1} = 0$ dB) using Equation (F.4), where the preamplifier gain is corrected using $g_{1\text{corr}} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, i.e. the cable attenuation reduces the preamplifier gain by 3 dB.

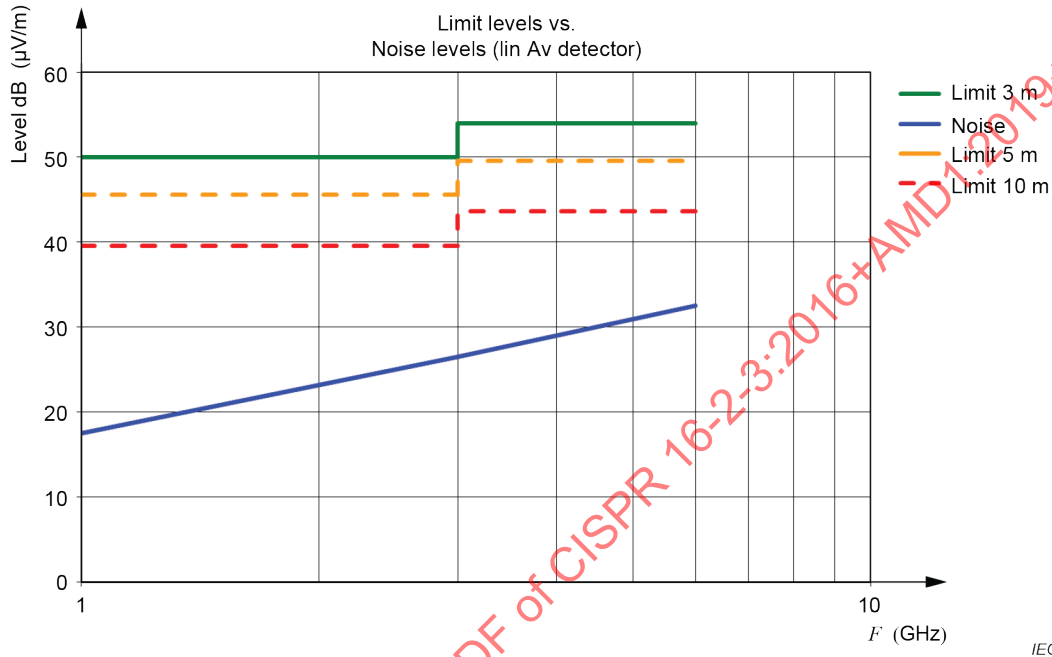


Figure F.7 – Noise level $E_{N\text{linav}}$ (example for $10\lg F_{\text{tot}} = 4$ dB) compared with the disturbance limit $E_{L\text{av}}$ for the linear average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 6 GHz

Figure F.8 shows the noise level with a logarithmic average detector (called “weighted measurements”) compared to the disturbance limit of Table 14 of CISPR 11:2015 [15] at 3 m, 5 m, and 10 m distances.

NOTE 2 The system noise figure of 4 dB used in Figure F.8 can be achieved assuming a receiver noise figure of $10\lg F_2 = 20$ dB and an attenuation $a_{c2} = 6,8$ dB at 18 GHz of a 10 m cable (low loss type HF-290) with an external preamplifier gain $G_1 = 27$ dB and noise figure $10\lg F_1 = 3$ dB close to the antenna ($a_{c1} = 0$ dB) using Equation (F.4), where the preamplifier gain is corrected using $g_{1\text{corr}} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, i.e. the cable attenuation reduces the preamplifier gain by 6,8 dB.

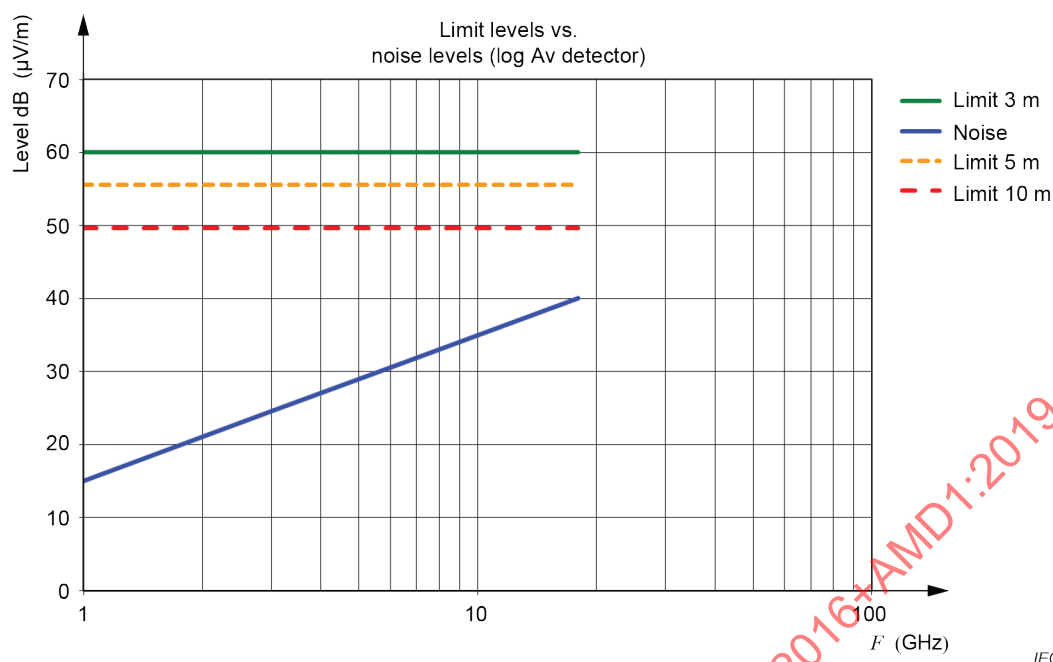


Figure F.8 – Noise level E_{Nlogav} (example for $10\lg F_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the logarithmic average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 18 GHz

F.5 Criterion 4 – Limitation due to the results of test site validation

F.5.1 General

Test site validation determines the test volume; i.e an EUT volume cannot be larger than the test volume established by the site validation measurement results.

F.5.2 9 kHz to 30 MHz

The site validation procedures are under development.

F.5.3 30 MHz to 1 000 MHz

The distance, quality, and reflectivity of the absorbing material around the EUT limits the test volume. NSA and RSM site validation methods for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz in CISPR 16-1-4 require that the measured site attenuation (SA) between two antennas does not deviate from the ideal SA by more than a specified tolerance. In this frequency range the validation procedures permit any test volume diameters, which are limited only by the chamber dimensions with SAC and FAR, or by the sizes of the ground plane and obstruction-free area with OATS. The validation procedures can be adapted for larger test volume heights than presently given in CISPR 16-1-4. No consideration is made for near-field effects between the antenna pairs. Also the antenna directivity does not limit the test volume, because the antennas are always directed towards each other.

F.5.4 1 GHz to 6 GHz or to 18 GHz

Above 1 GHz, the S_{VSWR} method requires that the test volume of an absorber-lined OATS/SAC meets the criteria of CISPR 16-1-4. The latter includes the requirement that the test volume is encompassed by the receive antenna beamwidth.

Bibliography

- [1] CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [2] 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*
- [3] CISPR TR 16-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
CISPR TR 16-3:2010/AMD1:2012
CISPR TR 16-3:2010/AMD2:2015
- [4] CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [5] IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
- [6] ISO/IEC Guide 2:2004, *Standardization and related activities – General vocabulary*
- [7] ISO/IEC 17000:2004, *Conformity assessment – Vocabulary and general principles*
- [8] IEC 61000-4-21, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*
- [9] ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
- [10] IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*
IEC 60050-151:2001/AMD1:2013
IEC 60050-151:2001/AMD2:2014
- [11] Chen, Z., Foegelle, M.D. and Harrington, T., *Analysis of log periodic dipole array antennas for site validation and radiated emissions testing*, IEEE EMC Symposium, Seattle, 1999, p. 618-623
- [12] Ryser, H., *Motivation for the use of CMAD in radiated emission measurements (CMAD: Common mode absorption devices)*, Report 2007-218-630, Federal Office of Metrology (METAS), Bern-Wabern, Switzerland, 11 September 2007, available as a downloaded PDF from <http://www.metas.ch/2007-218-630>
- [13] IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*
- [14] IEC 60050-712:1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 712: Antennas*
- [15] CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [16] CISPR TR 16-4-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-4: Uncertainties, statistics and limit modelling –*

Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services

- [17] CISPR 32:2015, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*
- [18] CISPR/B/587A/INF: *Rationale for the limits for the magnetic field strength for class A, group 2 equipment measured on a test site in 3 m distance* (meanwhile confirmed in CISPR 11:2015 [15])
- [19] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., and Wittenburg, J., "Feldstärkeumrechnung von 30 m auf kürzere Meßentfernungen," *etz* Bd. 110, 1989, Heft 16, Seite 820 – 825. (available in German only)
- [20] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., and Wittenburg, J., "Umrechnung der Funkstör-Feldstärke-Grenzwerte für 30 m Meßentfernung auf 3 m bzw. 10 m im Frequenzbereich unter 30 MHz", *Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV '90, Kongress Karlsruhe, Bundesrepublik Deutschland 13.-15. März 1990*, VDE-Verlag Berlin Offenbach. (English title "Conversion of the Radio Interference Field Strength Limit values for a Testing Distance from 30 m to 3 m or 10 m in the Frequency Range of 9 kHz to 30 MHz.")
- [21] Garbe H., and Battermann, S., "Converting Total Radiated Power Measurements to Equivalent E-Field Data," *IEEE Intl. Symposium on EMC*, Detroit, August 2008
- [22] Garbe, H., "How large is a large EUT? Influence of the DM-CM Conversion to Radiation," *Intern. Conf. on EMC 2009*, pp 677-680, Kyoto, Japan, July 2009
- [23] Silver, S., *Microwave Antenna Theory and Design*. First published in 1949 by McGraw-Hill Book Company Inc. Reprinted 1986
- [24] Fujii, K., Basic characteristics of magnetic field antenna factor of loop antennas for EMI measurements, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0102
- [25] Fujii, K., Effects of feed gap arrangements of loop antennas on site validation for EMI measurements below 30 MHz, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0127

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	137
INTRODUCTION à l'Amendement 1	139
1 Domaine d'application	140
2 Références normatives	140
3 Termes, définitions et termes abrégés	141
3.1 Termes et définitions	141
3.2 Termes abrégés	148
4 Types de perturbations à mesurer	149
4.1 Généralités	149
4.2 Types de perturbations	149
4.3 Fonctions de détection	150
5 Connexion du matériel de mesure	150
6 Exigences et conditions générales de mesure	150
6.1 Généralités	150
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai	150
6.2.1 Généralités	150
6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité	151
6.3 Mesurage d'une perturbation continue	151
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	151
6.3.2 Perturbation continue à large bande	151
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation	151
6.4 Configuration et conditions de mesure de l'EUT	151
6.4.1 Configuration générale de l'EUT	151
6.4.2 Fonctionnement de l'EUT	154
6.4.3 Durée de fonctionnement de l'EUT	154
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable de l'EUT	154
6.4.5 Alimentation de l'EUT	155
6.4.6 Mode de fonctionnement de l'EUT	155
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples	155
6.4.8 Détermination de la ou des configurations provoquant des valeurs d'émission maximales	155
6.4.9 Enregistrement des mesurages	155
6.5 Interprétation des résultats de mesure	156
6.5.1 Perturbations continues	156
6.5.2 Perturbations discontinues	156
6.5.3 Mesurage de la durée d'une perturbation	156
6.6 Durées de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues	156
6.6.1 Généralités	156
6.6.2 Durées minimales de mesure	157
6.6.3 Vitesses de scrutation des récepteurs à scrutation et des analyseurs de spectre	157
6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier	159
6.6.5 Stratégies pour l'obtention d'une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête	159
6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	163
7 Mesurage des perturbations rayonnées	166

7.1	~~Remarques introductives~~ Généralités	166
7.1.1	Remarques générales et vue d'ensemble des méthodes d'essai	167
7.1.2	Vue d'ensemble des volumes maximaux d'EUT en fonction de la méthode de mesure, de la plage de fréquences et de la distance de mesure	168
7.2	Mesurages du système d'antenne-cadre (9 kHz à 30 MHz)	171
7.2.1	Généralités	171
7.2.2	Méthode générale de mesure	171
7.2.3	Environnement d'essai	172
7.2.4	Configuration du matériel en essai	172
7.2.5	Incertitude de mesure du système de grande antenne-cadre	173
7.3	Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (30 MHz à 1 GHz)	173
7.3.1	Mesurande	173
7.3.2	Exigences relatives à l'emplacement d'essai	176
7.3.3	Méthode générale de mesure	176
7.3.4	Distance de mesure	177
7.3.5	Variation de la hauteur d'antenne	178
7.3.6	Détails à fournir dans la spécification de produit	178
7.3.7	Instrumentation de mesure	180
7.3.8	Mesurages de l'amplitude de champ sur d'autres emplacements en extérieur	180
7.3.9	Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC	180
7.4	Mesurages en enceinte complètement anéchoïque (30 MHz à 1 GHz)	180
7.4.1	Installation d'essai et géométrie de l'emplacement	180
7.4.2	Position de l'EUT	183
7.4.3	Disposition et terminaison des câbles	184
7.4.4	Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque	185
7.5	Méthode de mesure des émissions rayonnées (de 30 MHz à 1 GHz) et méthode d'essai d'immunité aux rayonnements (de 80 MHz à 1 GHz) avec une installation d'essai commune en chambre semi-anéchoïque	185
7.5.1	Applicabilité	185
7.5.2	Définition du périmètre de l'EUT et distance de séparation antenne-EUT	186
7.5.3	Volume d'essai uniforme	187
7.5.4	Spécifications pour les installations d'essai communs pour les essais d'émissions/immunité de l'EUT	188
7.5.5	Incertitude de mesure pour une installation et une méthode d'émission/immunité communes	194
7.6	Mesurages en enceinte complètement anéchoïque et mesurages en OATS/SAC à revêtement absorbant (1 GHz à 18 GHz)	194
7.6.1	~~Grandeur à mesurer~~ Mesurande	194
7.6.2	Distance de mesure	195
7.6.3	Installation et conditions de fonctionnement du matériel en essai (EUT)	196
7.6.4	Emplacement de mesure	196
7.6.5	Instrumentation de mesure	196
7.6.6	Mode opératoire de mesure	197
7.6.7	Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque	206
7.7	Mesurages <i>in situ</i> (9 kHz à 18 GHz)	206
7.7.1	Applicabilité et préparation à des mesurages <i>in situ</i>	206

7.7.2	Mesurages <i>in situ</i> d'amplitude du champ dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	208
7.7.3	Mesurages <i>in situ</i> d'amplitude du champ dans la plage de fréquences supérieures à 30 MHz	209
7.7.4	Mesurage <i>in situ</i> de la puissance perturbatrice apparente rayonnée avec la méthode de substitution	210
7.7.5	Documentation des résultats de mesure	213
7.7.6	Incertitude de mesure pour la méthode <i>in situ</i>	214
7.8	Mesurages de substitution (30 MHz à 18 GHz)	214
7.8.1	Généralités	214
7.8.2	Emplacement d'essai	214
7.8.3	Antennes d'essai	215
7.8.4	Configuration de l'EUT	215
7.8.5	Procédure d'essai	215
7.8.6	Incertitude de mesure pour la méthode de substitution	216
7.9	Mesurages en chambre réverbérante (80 MHz à 18 GHz)	216
7.10	Mesurages avec des guides d'ondes TEM (30 MHz à 18 GHz)	216
7.11	Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (9 kHz à 30 MHz)	216
7.11.1	Mesurande	216
7.11.2	Exigences relatives à l'emplacement d'essai	217
7.11.3	Méthode générale de mesure	217
7.11.4	Distance de mesure et dimensions de l'EUT	219
7.11.5	Hauteur de l'antenne	220
7.11.6	Détails à fournir dans la spécification de la norme de produit	220
7.11.7	Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC	221
7.11.8	Mesurages de l'amplitude de champ à d'autres emplacements	221
8	Mesurage automatisé des émissions	221
8.1	Introduction – Précautions à prendre pour les mesurages automatisés	221
8.2	Procédure générale de mesure	221
8.3	Mesurages par préscrutation	222
8.3.1	Généralités	222
8.3.2	Détermination de la durée de mesure exigée	222
8.3.3	Exigences relatives à la préscrutation pour différents types de mesurages	223
8.4	Réduction des données	224
8.5	Maximisation des émissions et mesurage final	225
8.6	Post-traitement et rapport d'essai	226
8.7	Stratégies de mesure d'émissions avec des appareils de mesure à FFT	226
Annexe A (informative)	Mesurage des perturbations en présence d'émissions ambiantes	227
A.1	Généralités	227
A.2	Termes et définitions	227
A.3	Description du problème	227
A.4	Solution proposée	228
A.4.1	Vue d'ensemble	228
A.4.2	Prémesurage de l'EUT dans une chambre blindée	231
A.4.3	Méthode de mesure des perturbations de l'EUT en présence d'émissions ambiantes en bande étroite	232

A.4.4	Méthode de mesure de la perturbation de l'EUT en présence d'émissions ambiantes à large bande	236
A.5	Détermination de la perturbation de l'EUT dans le cas d'une superposition	238
Annexe B (informative)	Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation	243
B.1	Généralités	243
B.2	Surcharge	243
B.3	Essai de linéarité	243
B.4	Sélectivité	243
B.5	Réponse normale aux impulsions	243
B.6	Détection de crête	243
B.7	Vitesse de scrutation en fréquence	244
B.8	Interception du signal	244
B.9	Détection de la valeur moyenne	244
B.10	Sensibilité	245
B.11	Exactitude en amplitude	245
Annexe C (informative)	Vitesses de scrutation et durées de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne	246
C.1	Objet	246
C.2	Suppression des perturbations	246
C.2.1	Suppression des perturbations impulsives	246
C.2.2	Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique	247
C.2.3	Suppression de la modulation d'amplitude	247
C.3	Mesurage des perturbations à bande étroite faiblement intermittentes, instables ou variables	247
C.4	Procédure recommandée pour les mesurages automatiques ou semi-automatiques	249
Annexe D (informative)	Explication de la méthode de mesure de distribution de probabilité des amplitudes (DPA) appliquée à l'essai de conformité	250
Annexe E (normative)	Détermination de l'aptitude à l'emploi des analyseurs de spectre pour les essais de conformité	252
Annexe F (informative)	Informations contextuelles pour les spécifications relatives aux volumes d'EUT en fonction de la distance de mesure et de la plage de fréquences	253
F.1	Généralités	253
F.2	Critère 1 – Limitation des sous-estimations de l'amplitude du champ due à un rapport important diamètre volumique de l'EUT/distance de mesure pour des mesurages à courte distance	253
F.2.1	Généralités	253
F.2.2	De 9 kHz à 30 MHz	253
F.2.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	254
F.2.4	De 1 GHz à 18 GHz	255
F.3	Critère 2 – Limitation due aux effets du champ proche	255
F.3.1	Généralités	255
F.3.2	De 9 kHz à 30 MHz	255
F.3.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	256
F.3.4	De 1 GHz à 18 GHz	258
F.4	Critère 3 – Limitation due à la largeur de faisceau de l'antenne de réception	258
F.4.1	Généralités	258
F.4.2	De 9 kHz à 30 MHz	259
F.4.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	259

F.4.4	De 1 GHz à 18 GHz	260
F.5	Critère 4 – Limitation due aux résultats de la validation de l'emplacement d'essai	264
F.5.1	Généralités	264
F.5.2	De 9 kHz à 30 MHz	264
F.5.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	264
F.5.4	De 1 GHz à 6 GHz ou à 18 GHz.....	265
	Bibliographie.....	266

Figure 1	Mesurage d'une combinaison d'un signal en onde entretenue à bande étroite et d'un signal impulsif à large bande en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum	160
Figure 2	Exemple d'analyse temporelle	161
Figure 3	Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier.....	162
Figure 4	Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission.....	163
Figure 5	Scrutation par FFT en segments	165
Figure 6	Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT	166
Figure 7	Concept des mesurages des courants induits par un champ magnétique avec le système d'antenne-cadre.....	172
Figure 8	Distance de mesure	174
Figure 9	Distance de séparation par rapport au centre de phase d'une antenne LPDA.....	176
Figure 10	Concept des mesurages de l'amplitude de champ électrique effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) représentant les rayons directs et réfléchis arrivant sur l'antenne de réception	177
Figure 11	Position d'un CMAD pour un matériel posé sur table sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC)	180
Figure 12	Géométrie type d'une enceinte complètement anéchoïque, où a , b , c , e dépendent des performances de l'enceinte	181
Figure 13	Installation type d'essai pour un matériel posé sur table dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque.....	182
Figure 14	Installation type d'essai pour un matériel posé au sol dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque.....	183
Figure 15	Positions des plans de référence pour l'étalonnage du champ uniforme (vue de dessus)	187
Figure 16	Installation d'essai pour un matériel posé sur table	191
Figure 17	Installation d'essai pour un matériel posé sur table – Vue de dessus.....	192
Figure 18	Installation d'essai pour un matériel posé au sol	193
Figure 19	Installation d'essai pour un matériel posé au sol – Vue de dessus.....	194
Figure 20	Méthode de mesure au-dessus de 1 GHz, antenne de réception en polarisation verticale.....	198
Figure 21	~~Présentation des exigences relatives à la scrutation en hauteur pour deux catégories différentes de matériels en essai~~	~~200~~
Figure 22	Détermination de la distance de transition.....	213
Figure 23	Géométries d'installation d'essai dans le cas de la méthode de substitution pour: a) mesurage, b) étalonnage	215

Figure 25 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé sur table	218
Figure 26 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé au sol	218
Figure 27 – Emplacement du point d'alimentation	219
Figure 24 – Processus de réduction de la durée de mesure	222
Figure A.1 – Organigramme de sélection des largeurs de bande et des détecteurs, et estimation des erreurs de mesure qui en résultent	230
Figure A.2 – Différence relative des amplitudes des émissions adjacentes lors des essais préliminaires	232
Figure A.3 – Perturbation par un signal non modulé (ligne en pointillés)	233
Figure A.4 – Perturbation par un signal modulé en amplitude (ligne en pointillés)	233
Figure A.5 – Indication d'un signal modulé en amplitude en fonction de la fréquence de modulation avec le détecteur de quasi-crête dans les bandes B, C et D CISPR	234
Figure A.6 – Indication d'un signal modulé en impulsions (largeur d'impulsion 50 μ s) en fonction de la fréquence de répétition d'impulsions avec des détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne	235
Figure A.7 – Perturbation par un signal à large bande (ligne en pointillés)	235
Figure A.8 – Perturbation du matériel en essai non modulée (ligne en pointillés)	236
Figure A.9 – Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai (ligne en pointillés)	237
Figure A.10 – Augmentation de la valeur de crête avec la superposition de deux signaux non modulés	238
Figure A.11 – Détermination de l'amplitude du signal de perturbation au moyen du rapport d'amplitude d et du facteur i (voir Équation (A.3) et Équation (A.6))	240
Figure A.12 – Augmentation de l'indication moyenne mesurée avec un récepteur réel et calculée d'après l'Équation (A.8)	241
Figure C.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 160 ms	248
Figure C.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 100 ms	248
Figure C.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 160 ms	249
Figure C.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 100 ms	249
Figure D.1 – Exemple de mesurage de DPA par la Méthode 1 pour des perturbations fluctuantes	250
Figure D.2 – Exemple de mesurage de DPA par la Méthode 2 pour des perturbations fluctuantes	251
Figure F.1 – Comparaison entre l'amplitude de champ donnée par l'Équation (C.17) de la CISPR 16-1-6:2014 et la région de champ proche donnée par l'Équation (C.31) de la CISPR 16-1-6:2014	257
Figure F.2 – Écart des AF en champ proche par rapport aux AF en espace libre d'une antenne biconique (issue de la Figure G.5.b) de la CISPR 16-1-6:2014)	258

Figure F.3 – Rayon r du volume d'essai pour une distance d donnée et une largeur de faisceau d'antenne de 60°	260
Figure F.4 – Effet de la directivité de l'antenne	260
Figure F.5 – HPBW (plan E/plan H) d'une antenne LPDA de type V	261
Figure F.6 – Récepteur de mesure à préamplificateur externe	262
Figure F.7 – Niveau de bruit E_{Nlinav} (exemple pour $10\lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur linéaire de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 6 GHz	263
Figure F.8 – Niveau de bruit E_{Nlogav} (exemple pour $10\lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur logarithmique de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz	264
Tableau 1 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes CISPR	157
Tableau 2 – Durées minimales de scrutation pour les trois bandes CISPR avec détecteurs de crête et de quasi-crête	157
~~Tableau 3 – Plages de fréquences applicables et références de documents pour les emplacements et les méthodes d'essai d'émissions rayonnées CISPR~~	~~157~~
~~Tableau 4 – Dimension minimale de w (w_{min})~~	~~157~~
Tableau 8 – Plages de fréquences applicables et références de documents pour les emplacements d'essai et les méthodes de mesure de perturbations rayonnées CISPR	168
Tableau 9 – Dimensions maximales de l'EUT pour différents diamètres de LLAS, de 9 kHz à 30 MHz	169
Tableau 10 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT, OATS/SAC et emplacement en extérieur, de 9 kHz à 30 MHz	169
Tableau 11 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal de l'EUT, OATS/SAC et enceinte complètement anéchoïque, de 30 MHz à 1 000 MHz	170
Tableau 12 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT pour une incertitude réduite en champ proche; OATS/SAC à revêtement absorbant et FAR, de 1 GHz à 18 GHz	170
Tableau 5 – Exemples de valeurs de w pour trois types d'antennes	201
Tableau 6 – Facteurs de correction en polarisation horizontale en fonction de la fréquence	212
Tableau 7 – Hauteurs d'antenne recommandées pour garantir l'interception du signal (pour la préscrutation) dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	224
Tableau A.1 – Combinaisons des perturbations du matériel en essai et des émissions ambiantes	228
Tableau A.2 – Erreur de mesure en fonction du type de détecteur et de la combinaison des spectres du signal ambiant et du signal perturbateur	242
Tableau C.1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de scrutation pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz	247
Tableau C.2 – Constantes de temps de l'indicateur et largeurs de bande vidéo et durées de scrutation minimales correspondantes	248
Tableau E.1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux de crête et de quasi-crête détectés	252
Tableau F.1 – Diamètres (D_{max}) et hauteurs (h_{max}) maximaux du volume de l'EUT résultant de la Formule (F.1) pour différentes distances de mesure (d)	256

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 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité –
Mesurages des perturbations rayonnées**

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

La CISPR 16-2-3 édition 4.1 contient la la première édition (2016-09) [documents CISPR/A/1176A/FDIS et CISPR/A/1182/RVD], son amendement 1 (2019-06) [documents CISPR/A/1278/FDIS et CISPR/A/1283/RVD] et son amendement 2 (2023-06) [documents CIS/A/1391/FDIS et CIS/A/1397/RVD].

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

La Norme internationale CISPR 16-2-3 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette quatrième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut la modification technique majeure suivante par rapport à l'édition précédente: ajout de contenu relatif à la correction de l'amplitude de champ électrique pour prendre en compte le centre de phase des réseaux de dipôles log-périodiques.

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION à l'Amendement 1

Amendement de la CISPR 16-2-3 concernant les spécifications volumiques de l'EUT pour les mesurages des perturbations rayonnées en fonction des méthodes d'essai et de la distance de mesure

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

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 – Mesurages des perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les méthodes de mesure de phénomènes perturbateurs rayonnés, dans la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz. Les aspects de l'incertitude de mesure sont spécifiés dans les normes CISPR 16-4-1 et CISPR 16-4-2.

NOTE Selon le Guide 107 de l'IEC, la CISPR 16-2-3 est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produits de l'IEC. Comme mentionné dans le Guide 107 [13]¹, les comités de produits sont responsables de la détermination de l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits pour l'évaluation de la pertinence des essais particuliers de CEM pour des produits spécifiques.

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 14-1:2016, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

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

CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-1-4:2019, *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 16-1-4:2019/AMD1:2020

CISPR 16-1-4:2019/AMD2:2023

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

CISPR 16-2-1:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites*

CISPR TR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests* (disponible en anglais seulement)

CISPR 16-4-2:2011², *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 de l'instrumentation*

CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014

CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018

CISPR TR 16-4-5, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-5: Uncertainties, statistics and limit modelling – Conditions for the use of alternative test methods* (disponible en anglais seulement)

IEC 60050-161, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

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

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés de l'IEC 60050-161, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

OATS/SAC à revêtement absorbant

emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou chambre semi-anéchoïque (SAC) dont le plan de masse est partiellement recouvert d'un matériau absorbant de l'énergie aux fréquences radioélectriques

Note 1 à l'article: La CISPR 16-1-4 emploie le terme analogue "emplacement d'essai en zone dégagée en espace libre" (FSOATS).

3.1.2

matériel d'appoint

transducteurs (par exemple, sondes de courant et de tension et réseaux fictifs) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur de signal (d'essai) et utilisés dans la transmission du signal perturbateur entre le matériel en essai (EUT – equipment under test) et le matériel de mesure ou d'essai

² Il existe une version consolidée de cette publication comprenant les CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 et CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018.

3.1.3

faisceau de l'antenne

lobe principal du diagramme d'antenne (diagramme de gain) de l'antenne de réception (généralement la direction avec la sensibilité maximale ou le facteur d'antenne le plus faible) dirigé vers l'EUT

3.1.4

largeur de faisceau de l'antenne

angle entre les points de demi-puissance (3 dB) du lobe principal du faisceau de l'antenne, lorsqu'il est rapporté à la puissance maximale dudit lobe

Note 1 à l'article: Il peut être exprimé pour le plan *H* ou pour le plan *E* de l'antenne.

Note 2 à l'article: La largeur de faisceau de l'antenne est exprimée en degrés.

3.1.5

matériel associé

AE

appareil ne faisant pas partie du système en essai, mais nécessaire au bon fonctionnement du matériel en essai (EUT)

Note 1 à l'article: L'abréviation «AE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «associated equipment».

3.1.6

matériel auxiliaire

AuxEq

périphérique faisant partie du système en essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AuxEq» est dérivée du terme anglais développé correspondant «auxiliary equipment».

3.1.7

norme de base

norme de portée générale ou qui comporte des dispositions d'ensemble pour un domaine particulier

Note 1 à l'article: Une norme de base peut être utilisée comme une norme d'application directe ou servir de base à d'autres normes.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:2004, définition 5.1 [6]]

3.1.8

câble coaxial

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un matériel d'appoint et le matériel de mesure ou le générateur de signal (d'essai) et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert de câble maximale admissible spécifiée

3.1.9

dispositif d'absorption en mode commun

CMAD

dispositif qui peut être appliqué sur des câbles à leur sortie du volume d'essai au cours des mesures d'émissions rayonnées pour réduire l'incertitude de conformité

Note 1 à l'article: L'abréviation «CMAD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «common-mode absorption device».

[SOURCE: CISPR 16-1-4:2010/2019, 3.1.4 3.1.7]

3.1.10

évaluation de la conformité

démonstration que des exigences spécifiées relatives à un produit, processus, système, personne ou organisme sont respectées

Note 1 à l'article: Le domaine de l'évaluation de la conformité comprend des activités définies ailleurs dans l'ISO/IEC 17000:2004 [7] telles que les essais, l'inspection et la certification, de même que l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité.

[SOURCE: ISO/IEC 17000:2004, 2.1, modifiée – La note 2 a été supprimée.]

3.1.11

perturbation continue

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête, et qui ne décroît pas immédiatement

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-11, modifiée – La définition a été modifiée.]

3.1.12

émission

<électromagnétique> processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.13

limite d'émission

<d'une source perturbatrice> valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.14

matériel en essai

EUT

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission et évaluation de la conformité)

Note 1 à l'article: L'abréviation «EUT» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment under test».

3.1.15

enceinte complètement anéchoïque

FAR

enceinte dont les six surfaces intérieures sont revêtues d'un matériau absorbant les fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui atténue l'énergie électromagnétique dans la plage de fréquences considérée

Note 1 à l'article: L'abréviation «FAR» est dérivée du terme anglais développé correspondant «fully-anechoic room».

3.1.16

système d'antenne de grande antenne-cadre

LLAS

système d'antenne consistant en trois antennes-cadres à orientation orthogonale utilisées pour mesurer les trois moments magnétiques coulombiens orthogonaux d'un EUT situé au centre des trois antennes-cadres

Note 1 à l'article: L'abréviation «LLAS» est dérivée du terme anglais développé correspondant « large loop-antenna system ».

3.1.17 durées de mesure, de scrutation et de balayage

3.1.17.1

durée de mesure

T_m

durée effective et cohérente pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique

- pour le détecteur de crête, la durée effective pour détecter le maximum de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de quasi-crête, la durée effective pour mesurer le maximum de l'enveloppe pondérée,
- pour le détecteur de valeur moyenne, la durée effective pour effectuer la moyenne de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de valeur efficace, la durée effective pour déterminer la valeur efficace de l'enveloppe du signal

Note 1 à l'article: Dans certains domaines, la "durée de mesure" est également appelée temps de palier.

3.1.17.2

scrutation

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

3.1.17.3

intervalle

Δf

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage ou d'une scrutation

3.1.17.4

balayage

variation continue de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

3.1.17.5

vitesse de balayage ou de scrutation

intervalle de fréquence divisé par la durée de balayage ou de scrutation

3.1.17.6

durée de balayage ou de scrutation

T_s

durée comprise entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage ou d'une scrutation

3.1.17.7

durée d'observation

T_o

somme des durées de mesure T_m à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples

Note 1 à l'article: Si n est le nombre de balayages ou de scrutations, alors $T_o = n \times T_m$.

3.1.17.8

durée totale d'observation

T_{tot}

durée effective pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples)

Note 1 à l'article: Si c est le nombre de canaux dans une scrutation ou un balayage, alors $T_{\text{tot}} = c \times n \times T_m$.

3.1.18

récepteur de mesure

appareil de mesure tel qu'un voltmètre accordable, un récepteur de brouillage électromagnétique, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT, avec ou sans présélection, qui est conforme à la CISPR 16-1-1

3.1.19

nombre de balayages par unité de temps

n_s

inverse de la somme de la durée de balayage et de la durée du retour, c'est-à-dire $1/(\text{durée de balayage} + \text{durée du retour})$

Note 1 à l'article: Balayages par seconde, par exemple.

3.1.20

emplacement d'essai en espace libre

OATS

installation pour effectuer des mesurages et des étalonnages dans laquelle la réflexion sur le sol est reproductible par un plan de masse de référence électriquement conducteur plat et de grande dimension

Note 1 à l'article: Un OATS peut être utilisé pour les mesurages des perturbations rayonnées, cas dans lequel il est également appelé COMTS. Un OATS peut également être utilisé pour les étalonnages d'antennes, cas dans lequel il est appelé CALTS.

Note 2 à l'article: Un OATS est un site en extérieur non protégé, suffisamment éloigné des bâtiments, lignes électriques, clôtures, arbres, câbles enterrés, canalisations et autres objets réfléchissants potentiels, de sorte que les effets dus à ce type d'objets soient négligeables. Voir la CISPR 16-1-4 pour des lignes directrices concernant la construction d'un OATS.

Note 3 à l'article: L'abréviation «OATS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «open-area test site».

3.1.21

norme de produit

norme qui spécifie les exigences auxquelles doit satisfaire un produit ou un groupe de produits pour assurer son/leur aptitude à l'emploi

Note 1 à l'article: Une norme de produit peut comporter, outre les exigences d'aptitude à l'emploi, soit directement, soit par référence, les éléments relatifs à la terminologie, à l'échantillonnage, à l'essai, à l'emballage, à l'étiquetage et parfois des exigences de procédé.

Note 2 à l'article: Une norme de produit peut être complète ou non, selon qu'elle spécifie les exigences nécessaires en totalité ou en partie. En l'occurrence, on peut établir une distinction entre les normes telles que les normes dimensionnelles, les normes relatives aux matériaux ou les normes techniques de livraison.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2, définition 5.4]

3.1.22

chambre semi-anéchoïque

SAC

enceinte blindée dans laquelle cinq des six surfaces internes sont revêtues d'un matériau absorbant les fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui atténue l'énergie électromagnétique dans la plage de fréquences considérée et dont la surface horizontale inférieure est un plan de masse de référence conducteur destiné à être utilisé avec les montages d'essai dans les emplacements d'essai en espace libre (OATS)

Note 1 à l'article: L'abréviation «SAC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «semi-anechoic chamber».

3.1.23

configuration d'essai

combinaison permettant d'obtenir la disposition de mesure spécifiée pour le matériel en essai permettant la mesure d'un niveau d'émission

3.1.24

pondération

conversion (principalement réduction) dépendant de la fréquence de répétition d'impulsions (PRF – pulse repetition frequency) d'un niveau de détection d'impulsions de crête en une indication correspondant à l'effet des perturbations sur la réception radio

Note 1 à l'article: Pour le récepteur analogique, la gêne psychophysique des perturbations est une grandeur subjective (habituellement acoustique ou visuelle), et non un certain nombre d'incompréhensions d'un texte parlé.

Note 2 à l'article: Pour le récepteur numérique, l'effet des perturbations est une grandeur objective qui peut être définie soit par le taux d'erreur critique sur les bits (BER – bit error ratio) ou la probabilité d'erreur sur les bits (BEP – bit error probability) pour lesquels une correction d'erreur parfaite peut encore apparaître, soit par un autre paramètre objectif et reproductible.

Note 3 à l'article: Pondération de perturbations impulsives, par exemple.

3.1.24.1

mesurage pondéré d'une perturbation

mesurage d'une perturbation à l'aide d'un détecteur à pondération

3.1.24.2

caractéristique de pondération

niveau de tension de crête en fonction de la PRF ayant un effet constant sur un système de radiocommunication spécifique, c'est-à-dire que la perturbation est pondérée par le système de radiocommunication lui-même

3.1.24.3

détecteur à pondération

détecteur fournissant une fonction de pondération approuvée

3.1.24.4

facteur de pondération

valeur de la fonction de pondération par rapport à une PRF de référence ou par rapport à la valeur de crête

Note 1 à l'article: Le facteur de pondération est exprimé en dB.

3.1.24.5

fonction de pondération ou courbe de pondération

relation entre le niveau de tension d'entrée de crête et la PRF pour l'indication de niveau constant d'un récepteur de mesure avec un détecteur à pondération, c'est-à-dire la courbe de réponse d'un récepteur de mesure pour des impulsions répétées

3.1.25

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.1 [9]³, modifiée – Les notes 1 à 3 ont été supprimées.]

³ Les chiffres entre crochets font référence à la Bibliographie.

3.1.26

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié

Note 1 à l'article: Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une entité en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences et de conditions d'environnement et de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13] [10]

3.1.27

fréquence interne la plus haute

fréquence la plus haute générée ou utilisée avec le matériel en essai (EUT) ou fréquence la plus haute à laquelle l'EUT fonctionne ou s'accorde

3.1.28

module

partie d'un matériel en essai (EUT) remplissant une fonction et pouvant contenir des sources de fréquences radioélectriques

3.1.29

emplacement d'essai de conformité

COMTS

environnement qui garantit des résultats de mesure valides et reproductibles des perturbations en champ électrique produites par des appareils en essai afin d'évaluer leur conformité à des limites

Note 1 à l'article: L'abréviation "COMTS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "compliance test site".

3.1.30

région de champ lointain

région de rayonnement de champ électromagnétique d'un EUT ou d'une antenne où les composantes prépondérantes du champ représentent une propagation d'énergie et où le diagramme de rayonnement est pratiquement indépendant de la distance à l'EUT rayonnant ou à l'antenne

Note 1 à l'article: Dans la région de champ lointain, toutes les composantes du champ électromagnétique varient de façon inversement proportionnelle à la distance à l'EUT rayonnant ou à l'antenne.

[SOURCE: IEC 60050-712:1992 [14], 712-02-02, modifié – Remplacement de "la répartition du champ en fonction de la direction" par "le diagramme de rayonnement" dans la définition et suppression de la Note 2 à l'article.]

3.1.31

effet du champ proche

écart de la propagation du champ par rapport à la propagation en champ lointain

Note 1 à l'article: L'effet du champ proche survient dans la zone proche de l'EUT dans laquelle se trouvent des composantes d'amplitude de champ réactif (non rayonnant). Bien que ces composantes ne contribuent pas au rayonnement en champ lointain, elles constituent des amplitudes mesurables réelles de champs.

Note 2 à l'article: Un critère peut être défini pour limiter l'écart entre la propagation en champ lointain, par exemple, 1 dB. Si E_1 et E_2 sont des niveaux d'amplitude de champ en dB(μ V/m) aux distances d_1 et d_2 d'un EUT, alors, par exemple, l'inégalité suivante décrit le critère: $(20\lg(d_2/d_1) - 1 \text{ dB}) \leq (E_1 - E_2) \leq (20\lg(d_2/d_1) + 1 \text{ dB})$, qui peut être réduit à $-1 \text{ dB} \leq [(E_1 - E_2) - 20\lg(d_2/d_1)] \leq 1 \text{ dB}$, où $(E_1 - E_2) \geq 6 \text{ dB}$.

3.1.32

volume d'essai

volume validé au sein d'une installation d'essai dans lequel un EUT peut être positionné

Note 1 à l'article: Les procédures de validation de la CISPR 16-1-4 sont utilisées pour déterminer le volume d'essai.

Note 2 à l'article: Le volume d'essai tel que défini dans le présent document est de forme cylindrique. Différentes formes de volumes d'essai ont été définies dans d'autres documents, par exemple, sous forme cubique dans l'IEC 61000-4-20 (guides d'ondes TEM).

3.1.33

volume de l'EUT

cylindre défini par le diamètre limite et la hauteur de l'EUT qui englobent complètement toutes les parties de l'EUT réel, y compris les supports de câbles et une longueur de câble de 1,6 m (de 30 MHz à 1 GHz) ou de 0,3 m (pour 1 GHz et plus)

Note 1 à l'article: Le volume d'essai fait partie des critères qui limitent le volume de l'EUT.

Note 2 à l'article: Le volume de l'EUT a un diamètre D (diamètre limite) et une hauteur h .

3.1.34

distance de protection

distance entre la source d'une perturbation rayonnée et le récepteur victime à la surface de bordure de service utilisée pour la dérivation d'une limite spécifique de perturbation rayonnée CISPR

Note 1 à l'article: La surface de bordure de service est définie comme étant la valeur minimale de l'amplitude de champ souhaitée d'un service ou d'une application radioélectrique issue des spécifications UIT-R.

Note 2 à l'article: Cette définition peut être différente dans d'autres publications traitant des perturbations conduites.

Note 3 à l'article: Chaque limite est associée à une distance de protection; la distance de protection peut varier en fonction de la fréquence.

3.1.35

petit EUT

matériel à l'essai, câbles compris, posé sur table ou posé au sol, qui est adapté pour l'insertion dans un volume cylindrique de 1,5 m (2,0 m) de diamètre et de 1,5 m (2,0 m) de hauteur, mesuré à partir du sol avec une distance de mesure de 3 m (5 m) dans l'OATS/la SAC

3.1.36

point d'alimentation d'une antenne-cadre blindée

emplacement de la fente dans le blindage d'une antenne-cadre

Note 1 à l'article: Le point d'alimentation d'une antenne-cadre blindée est un élément important pour une installation correcte. L'emplacement du point d'alimentation exerce une influence sur la perte d'insertion d'emplacement entre deux antennes de champ magnétique [24], [25].

3.2 Termes abrégés

Les abréviations suivantes, ne figurant pas déjà en 3.1, sont utilisées dans la présente norme.

AF	Antenna factor (Facteur d'antenne)
AM	Amplitude modulation (Modulation d'amplitude)
AV	Average (Moyenne)
BB	Broadband (Large bande)
CW	Continuous wave (Émission à ondes entretenues)
DPA	Distribution de probabilité des amplitudes
FFT	Fast-Fourier transform (Transformée de Fourier rapide)
FI	Fréquence intermédiaire

FM	Frequency modulation (Modulation de fréquence)
FSOATS	Free-space OATS (Emplacement d'essai en espace libre)
GP	Ground plane (Plan de masse)
HPBW	Half-power beamwidth (Largeur de faisceau à demi-puissance)
ISM	Industriel, scientifique et médical
LPDA	Log-periodic dipole array (Réseau de dipôles log-périodiques)
NB	Narrowband (Bande étroite)
NSA	Normalized site attenuation (Affaiblissement normalisé de l'emplacement)
PRF	Pulse repetition frequency (Fréquence de répétition d'impulsions)
RBW	Resolution bandwidth (Largeur de bande de résolution)
RE	Radiated emission (Emission rayonnée)
RF	Radiofréquence – fréquence radioélectrique
~~RGP~~	~~Reference ground plane (Plan de masse de référence)~~
RI	Radiated immunity (Immunité rayonnée)
QP	Quasi-peak (Quasi-crête)
TEM	Transverse electromagnetic (Électromagnétique transverse)
UFA	Uniform field area (Zone de champ uniforme)
VBW	Video bandwidth (Largeur de bande vidéo)

4 Types de perturbations à mesurer

4.1 Généralités

Le présent article décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesurage.

4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques⁴ dépendant de la répartition spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'évaluation et du mesurage des perturbations radioélectriques, les types de perturbations suivants sont distingués:

- perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM (Industriels, scientifiques et médicaux), constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière à ce qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours du mesurage, par opposition à b);
- perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière que deux raies spectrales ou plus s'inscrivent dans la largeur de bande au cours du mesurage; et
- perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, par exemple les thermostats ou programmeurs avec une fréquence de répétition inférieure à 1 Hz (cadence des claquements inférieure à 30/min).

⁴ Psychophysique signifie relation psychologique entre un stimulus physique et une réponse sensorielle.

Les spectres de fréquences de b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions répétées, les deux spectres étant caractérisés par une plage de fréquences plus large que la largeur de bande du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1-1.

4.3 Fonctions de détection

En fonction des types de perturbations, les mesurages peuvent être effectués au moyen d'un récepteur de mesure équipé:

- a) d'un détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour le mesurage des perturbations à bande étroite et des signaux, et plus particulièrement pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) d'un détecteur de quasi-crête utilisé pour le mesurage pondéré des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) d'un détecteur quadratique moyen utilisé pour le mesurage pondéré des perturbations à large bande permettant l'évaluation de l'effet des perturbations impulsives sur les services de radiocommunication numérique, mais également des perturbations à bande étroite;
- d) d'un détecteur de crête pouvant être utilisé pour le mesurage des perturbations soit à large bande, soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1-1.

5 Connexion du matériel de mesure

Pour ce qui concerne la connexion de matériel de mesure, de récepteurs de mesure et de matériel d'appoint, par exemple des antennes, le câble de connexion entre le récepteur de mesure et le matériel d'appoint doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure. La sortie du matériel d'appoint doit être terminée par l'impédance spécifiée.

6 Exigences et conditions générales de mesure

6.1 Généralités

Les mesurages des perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendants de l'emplacement de mesure et de l'environnement, plus particulièrement du bruit ambiant; et
- sans interactions, c'est-à-dire que la connexion de l'EUT au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement de l'EUT ni l'exactitude du matériel de mesure.

Ces exigences peuvent être satisfaites en respectant les conditions suivantes:

- a) existence d'un rapport signal sur bruit suffisant au niveau de mesure souhaité, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- b) existence d'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement de l'EUT définies.

6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai

6.2.1 Généralités

Le rapport signal sur bruit de mesure, eu égard au bruit ambiant, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit ambiant dépasse le niveau exigé, cela doit être consigné dans le rapport d'essai.

6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité

Un emplacement d'essai de conformité (COMTS) doit permettre de distinguer les émissions de l'EUT du bruit ambiant. Il convient que le niveau de bruit ambiant soit de préférence de 20 dB inférieur au niveau de mesure souhaité, mais au moins de 6 dB inférieur à ce niveau. Pour la condition de 6 dB, le niveau de perturbation apparent venant de l'EUT est augmenté d'une valeur pouvant atteindre 3,5 dB. L'aptitude de l'emplacement pour le niveau ambiant exigé peut être déterminée en mesurant le niveau de bruit ambiant avec le matériel d'essai en place, mais hors fonctionnement.

Lors de l'évaluation de la conformité par rapport à une limite, il est admis que le niveau de bruit ambiant dépasse le niveau préférentiel de -6 dB, à condition que les niveaux combinés de bruit ambiant et d'émission de la source ne dépassent pas la limite spécifiée. L'EUT est alors considéré comme satisfaisant à la limite. Des recommandations complémentaires concernant le mesurage des perturbations en présence d'émissions ambiantes sont données à l'Annexe A.

6.3 Mesurage d'une perturbation continue

6.3.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du récepteur doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

6.3.2 Perturbation continue à large bande

Pour évaluer une perturbation continue à large bande dont le niveau n'est pas stable, la valeur maximale reproductible de mesure doit être déterminée. Voir 6.5.1 pour de plus amples informations.

6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à scrutation sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire la durée de mesure. Une attention toute particulière doit cependant être accordée à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de scrutation en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, l'exactitude en amplitude et la détection de crête, de valeur moyenne et de quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

6.4 Configuration et conditions de mesure de l'EUT

L'EUT doit fonctionner dans les conditions suivantes.

6.4.1 Configuration générale de l'EUT

6.4.1.1 Généralités

Lorsque ce n'est pas spécifié dans la norme de produit, l'EUT doit être configuré comme décrit ci-dessous.

L'EUT doit être installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. Lorsque le fabricant a spécifié ou recommandé une pratique d'installation, cette pratique doit être utilisée si possible dans la configuration d'essai. Cette configuration doit être le type de pratique normale d'installation. Les câbles, charges et dispositifs d'interface doivent être raccordés à au moins un accès d'interface de chaque type de l'EUT et, lorsque la pratique le permet, chaque câble doit être raccordé à un dispositif caractéristique d'une utilisation réelle.

Lorsqu'il y a plusieurs accès d'interface du même type, des câbles d'interconnexion, des charges et des dispositifs supplémentaires peuvent devoir être ajoutés à l'EUT, en fonction des résultats des essais préliminaires. Le raccordement d'un câble ou d'un conducteur à un seul accès de ce type d'accès peut être suffisant. Le nombre réel de câbles ou de conducteurs supplémentaires peut être limité aux cas où l'ajout d'un autre câble ou conducteur n'influe pas significativement sur le niveau d'émission, c'est-à-dire qu'il varie de moins de 2 dB, à condition que l'EUT reste conforme. La justification du choix de la configuration et du chargement des accès doit être incluse dans le rapport d'essai.

Il convient que les câbles d'interconnexion soient du type et de la longueur spécifiés dans les exigences concernant le matériel individuel. Si la longueur peut être modifiée, celle-ci doit être choisie de manière à produire un maximum de perturbation.

Si des câbles blindés ou particuliers sont utilisés pendant les essais pour obtenir la conformité, une note doit alors être incluse dans le manuel d'instructions, informant de la nécessité d'utiliser de tels câbles.

Les longueurs de câbles en excès doivent être disposées en faisceau, approximativement au milieu du câble, la longueur des faisceaux allant de 30 cm à 40 cm. S'il s'avère impossible d'y parvenir en raison de l'encombrement ou de la rigidité des câbles, la disposition du câble en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Les résultats d'une évaluation d'EUT comportant un module de chaque type peuvent être appliqués à des configurations comportant plusieurs de ces modules. Ceci est admis, car il s'est avéré que des perturbations provenant de modules identiques ne sont généralement pas additives dans la pratique. Toutefois, le critère de 2 dB défini dans le présent article doit être appliqué.

Tout ensemble de résultats doit être accompagné d'une description complète du câblage et de l'orientation du matériel de façon à pouvoir reproduire les résultats. Si des conditions d'utilisation spécifiques sont exigées pour satisfaire aux limites, ces conditions doivent être spécifiées et documentées, par exemple, la longueur de câble, le type, le blindage et la mise à la masse des câbles. Ces conditions doivent être incluses dans les instructions destinées à l'utilisateur.

Un matériel contenant plusieurs modules (tiroir, carte enfichable, plaque, etc.) doit être soumis aux essais avec un mélange et un nombre représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Le nombre réel de plaques ou de cartes enfichables du même type peut être limité aux cas où l'ajout d'une autre plaque ou carte enfichable n'influe pas significativement sur le niveau d'émission, c'est-à-dire qu'il varie de moins de 2 dB, à condition que l'EUT reste conforme. La justification utilisée pour choisir le nombre et le type de modules doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Un système constitué d'un certain nombre d'unités séparées doit être configuré de manière à former une configuration représentative minimale. Le nombre et le mélange d'unités incluses dans la configuration d'essai doivent être représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. La justification utilisée pour choisir les unités doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Au minimum un module de chaque type doit être fonctionnel dans chaque matériel évalué d'un EUT. Pour un EUT faisant partie d'un système, au minimum un matériel de chaque type pouvant être inclus dans la configuration possible du système doit être inclus dans l'EUT.

La position de l'EUT par rapport au plan de masse de référence (RGP GP) doit être équivalente à ce qui existe dans la pratique. En conséquence, le matériel posé au sol est placé sur un RGP GP, mais isolé de celui-ci, et le matériel posé sur une table est placé sur une table non conductrice.

Le matériel conçu pour fonctionner monté sur un mur ou monté au plafond doit être soumis aux essais comme l'EUT posé sur une table. L'orientation du matériel doit être cohérente avec la pratique d'installation normale.

Les combinaisons de types de matériels identifiés ci-dessus doivent également être disposées d'une manière cohérente avec la pratique d'installation normale. Le matériel conçu à la fois pour fonctionner posé sur une table et posé au sol doit être soumis aux essais comme un matériel posé sur une table, sauf si l'installation habituelle est posée au sol, auquel cas cette configuration doit être utilisée.

Les extrémités des câbles de signaux reliés à l'EUT qui ne sont pas raccordées à une autre unité ou à un autre matériel auxiliaire doivent être terminées en utilisant l'impédance de fermeture correcte définie dans la norme de produit.

Les câbles ou autres connexions à du matériel associé situé en dehors de la zone d'essai doivent pendre jusqu'au sol, puis être acheminés jusqu'à l'emplacement où ils quittent le volume d'essai.

Le matériel auxiliaire doit être installé conformément à la pratique d'installation normale. Lorsque ceci signifie que le matériel auxiliaire est situé sur l'emplacement d'essai, il doit être configuré en utilisant les mêmes conditions que celles qui sont applicables pour l'EUT (par exemple, distance par rapport au plan de masse et isolation par rapport au plan de masse s'il est posé au sol, et disposition du câblage).

6.4.1.2 Configuration posée sur une table

Le matériel destiné à être utilisé posé sur une table doit être placé sur une table non conductrice. Les dimensions nominales de la table sont de 1,5 m sur 1,0 m, mais elles peuvent finalement dépendre des dimensions horizontales de l'EUT.

Toutes les unités constituant le système en essai (incluant l'EUT, les périphériques et les matériels ou dispositifs auxiliaires connectés) doivent être disposées conformément à une utilisation normale. Lorsqu'elle n'est pas définie dans l'utilisation normale, une distance de séparation nominale de 0,1 m entre les unités voisines doit être définie pour la configuration d'essai.

Les câbles intra-unités doivent pendre à l'arrière de la table. Si un câble pend jusqu'à moins de 0,4 m du plan de masse horizontal (ou du sol), la partie en excès doit être repliée au centre du câble en formant un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m, de façon que le faisceau se trouve au moins à 0,4 m au-dessus du ~~RGP~~ GP horizontal.

Les câbles doivent être positionnés comme pour une utilisation normale.

Si la longueur du câble d'entrée de la prise d'alimentation électrique est inférieure à 0,8 m (y compris les alimentations intégrées dans la prise d'alimentation électrique), un câble prolongateur doit être utilisé de sorte que l'unité d'alimentation extérieure soit placée sur la table. Le câble prolongateur doit avoir des caractéristiques similaires au câble d'alimentation électrique (y compris le nombre de conducteurs et la présence d'une mise à la masse). Le câble prolongateur doit être traité comme une partie du câble d'alimentation électrique.

Dans les configurations ci-dessus, le câble situé entre l'EUT et l'alimentation doit être disposé sur la table de la même manière que les autres câbles reliant les composants de l'EUT.

6.4.1.3 Configuration posée au sol

L'EUT doit être placé sur le ~~RGP~~ GP horizontal, orienté pour une utilisation normale, mais séparé de tout contact métallique avec le ~~RGP~~ GP par une isolation allant jusqu'à 15 cm.

Les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du ~~RGP~~ GP horizontal. Si le matériel exige une mise à la masse dédiée, celle-ci doit alors être prévue et reliée au plan de masse horizontal.

Les câbles intra-unité (entre des unités constituant l'EUT ou entre l'EUT et un matériel auxiliaire) doivent pendre du ~~RGP~~ GP horizontal, mais rester isolés de celui-ci. Toute partie en excès doit être, soit repliée au centre du câble en un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m, soit disposée en serpent. Si la longueur d'un câble intra-unité n'est pas suffisante pour pendre jusqu'au ~~RGP~~ GP horizontal, mais pend à moins de 0,4 m, la longueur en excès doit alors être repliée au centre du câble en un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m. Le faisceau doit être positionné de façon à se trouver à 0,4 m au-dessus du ~~RGP~~ GP horizontal ou à la hauteur de l'entrée du câble ou du point de connexion si celui-ci se trouve à moins de 0,4 m du ~~RGP~~ GP horizontal.

Pour un matériel avec une montée verticale de câbles, le nombre de montées doit être celui de la pratique d'installation type. Lorsque la montée est réalisée dans un matériau non conducteur, un espacement minimal d'au moins 0,2 m doit être maintenu entre la partie la plus proche du matériel et le câble vertical le plus proche. Lorsque la structure de la montée est conductrice, l'espacement minimal de 0,2 m doit être celui qui existe entre les parties les plus proches du matériel et la structure de la montée.

6.4.1.4 Combinaisons de configurations de matériel posé sur une table et posé au sol

La partie en excès des câbles intra-unités entre une unité posée sur une table et une unité posée au sol doit être repliée en un faisceau dont la longueur est inférieure ou égale à 0,4 m. Le faisceau doit être positionné de façon à se trouver à 0,4 m au-dessus du ~~RGP~~ GP horizontal ou à la hauteur de l'entrée du câble ou du point de connexion si celui-ci se trouve à moins de 0,4 m du ~~RGP~~ GP horizontal.

6.4.2 Fonctionnement de l'EUT

Les conditions de fonctionnement de l'EUT doivent être déterminées par le fabricant conformément à l'utilisation type de l'EUT vis-à-vis du niveau d'émission le plus élevé attendu. Le mode de fonctionnement déterminé et la justification du choix des conditions de fonctionnement doivent être mentionnés dans le rapport d'essai.

L'EUT doit être utilisé avec la plage de tensions de fonctionnement assignées (nominales) et les conditions de charge type (mécanique ou électrique) pour lesquelles il est conçu. Il convient d'utiliser des charges réelles chaque fois que possible. Si un simulateur est utilisé, celui-ci doit représenter la charge réelle vis-à-vis de sa fréquence radio et de ses caractéristiques fonctionnelles.

Il convient que les programmes d'essai ou les autres moyens de vérification du matériel garantissent que les diverses parties d'un système sont vérifiées d'une manière permettant la détection de toutes les perturbations du système.

6.4.3 Durée de fonctionnement de l'EUT

La durée de fonctionnement, dans le cas d'EUT avec une durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage. Dans tous les autres cas, l'EUT doit être en fonctionnement continu au cours de l'essai.

6.4.4 Durée de fonctionnement préalable de l'EUT

Aucune durée de fonctionnement préalable particulière n'est spécifiée, mais, avant d'effectuer les essais, l'EUT doit avoir fonctionné pendant une durée suffisante pour que ses modes et conditions de fonctionnement soient représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie normale du matériel. Pour certains EUT, certaines conditions particulières d'essai peuvent être spécifiées dans les normes de produits applicables.

6.4.5 Alimentation de l'EUT

L'EUT doit être alimenté à sa tension assignée. Si le niveau de perturbation varie considérablement avec la tension d'alimentation, les mesures doivent être répétées pour des tensions d'alimentation sur la plage comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée. Les EUT prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale.

6.4.6 Mode de fonctionnement de l'EUT

L'EUT doit fonctionner dans les conditions pratiques qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples

Un matériel à fonctions multiples, qui est soumis simultanément à différents articles d'une norme de produit et/ou de normes différentes, doit être soumis à des essais, chaque fonction étant mise en fonctionnement seule, si cela peut être obtenu sans modification interne du matériel. Le matériel ainsi soumis aux essais doit être considéré comme satisfaisant aux exigences de tous les articles et/ou normes lorsque chacune de ses fonctions a satisfait aux exigences de l'article et/ou de la norme applicable(s).

Pour un matériel dont l'essai de chaque fonction mise en fonctionnement seule n'est pas réalisable, ou lorsque l'essai séparé d'une fonction particulière rendrait le matériel inapte à remplir sa fonction primaire, ou lorsque le fonctionnement simultané de plusieurs fonctions produirait une économie de durée de mesure, le matériel doit être considéré comme satisfaisant s'il répond aux dispositions des articles et/ou normes pertinent(e)s, lorsque les fonctions nécessaires sont mises en fonctionnement.

6.4.8 Détermination de la ou des configurations provoquant des valeurs d'émission maximales

Un essai initial doit identifier la fréquence ayant la plus forte perturbation par rapport à la limite. Cette identification doit être effectuée pendant le fonctionnement de l'EUT dans les modes de fonctionnement types et avec les positions des câbles dans une configuration d'essai représentative d'une pratique d'installation type.

La fréquence de plus forte perturbation par rapport à la limite doit être déterminée en étudiant les perturbations à plusieurs fréquences significatives. Ceci permet d'assurer que la fréquence probable de perturbation maximale a été déterminée et que le câble associé, la configuration et le mode de fonctionnement de l'EUT ont été identifiés.

Pour l'essai initial, il convient de configurer l'EUT conformément aux normes de produits, selon le cas.

6.4.9 Enregistrement des mesurages

Parmi les perturbations ci-dessus ($L - 20$ dB), où L est le niveau limite en unités logarithmiques, les niveaux de perturbation et les fréquences au minimum des six perturbations les plus fortes doivent être enregistrés.

Pour les perturbations rayonnées, la polarisation de l'antenne et la hauteur pour chaque perturbation consignée doivent être enregistrées.

6.5 Interprétation des résultats de mesure

6.5.1 Perturbations continues

- a) Si le niveau de perturbation n'est pas stable, la lecture sur le récepteur de mesure est observée pendant au moins 15 s pour chaque mesurage. Les indications les plus élevées doivent être enregistrées, à l'exception de tout claquement isolé, qui doit être ignoré (voir 4.4 de la CISPR 14-1:2016).
- b) Si le niveau général de perturbation n'est pas stable, mais présente une augmentation ou une diminution continue supérieure à 2 dB pendant une période de 15 s, alors les niveaux de tension perturbatrice doivent être observés pendant une période plus longue et doivent être interprétés en fonction des conditions normales d'utilisation de l'EUT, comme suit:
 - 1) si l'EUT peut être allumé ou éteint fréquemment ou si son sens de rotation peut être inversé, il convient alors, pour chaque fréquence de mesure, d'allumer ou d'inverser le sens de rotation du matériel en essai juste avant chaque mesurage, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximal obtenu durant la première minute, pour chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;
 - 2) si l'EUT fonctionne habituellement pendant de plus longues durées, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai. Le niveau de perturbation doit être enregistré pour chaque fréquence, mais uniquement après avoir obtenu une lecture stable (sous réserve de la satisfaction du point a)).
- c) Si la nature des perturbations de l'EUT passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, l'EUT doit alors être soumis à l'essai conformément au point b).
- d) Les mesurages sont effectués sur le spectre complet et enregistrés au moins à la fréquence qui offre la valeur lue la plus élevée, comme exigé dans la publication CISPR applicable.

6.5.2 Perturbations discontinues

Il n'existe actuellement aucune exigence pour le mesurage des perturbations discontinues rayonnées.

6.5.3 Mesurage de la durée d'une perturbation

La durée d'une perturbation doit être connue pour pouvoir la mesurer correctement et pour déterminer si elle est discontinue. La durée d'une perturbation peut être mesurée selon l'une des manières suivantes:

- en connectant un oscilloscope à la sortie FI (fréquence intermédiaire) d'un récepteur de mesure pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel;
- en accordant un récepteur de brouillage électromagnétique ou un analyseur de spectre sur la fréquence de la perturbation sans scrutation en fréquence (c'est-à-dire, en mode «intervalle nul») pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel; ou
- en utilisant la sortie du domaine temporel d'un récepteur de mesure à FFT.

Des recommandations concernant la détermination de la durée appropriée de mesure peuvent être consultées en 8.3.

6.6 Durées de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues

6.6.1 Généralités

Pour les mesurages manuels et pour les mesurages automatiques ou semi-automatiques, les durées de mesure et les vitesses de scrutation des récepteurs de mesure et des récepteurs à scrutation doivent être réglées afin de mesurer l'émission maximale. Plus particulièrement, lorsqu'un détecteur de crête est utilisé pour une présrutation, les durées de mesure et les vitesses de scrutation doivent prendre en compte le rythme de l'émission en essai. Des

recommandations plus détaillées sur l'exécution des mesurages automatiques peuvent être consultées à l'Article 8.

6.6.2 Durées minimales de mesure

Les durées (temps de palier) de mesure minimales sont données au Tableau 1. Les durées minimales de scrutation des mesurages pour chaque bande CISPR dans son intégralité ont été déduites à partir du Tableau 1 et elles figurent dans le Tableau 2. Ces durées minimales (temps de palier) de mesure pour les récepteurs à scrutation et les instruments de mesure à FFT du Tableau 1 et les durées de scrutation pour les analyseurs de spectre du Tableau 2 s'appliquent à des signaux en ondes entretenues (CW).

En outre, le rapport d'essai doit comprendre la valeur de l'incertitude de l'instrument de mesure, correspondant à l'installation d'essai utilisée, calculée selon les exigences de la CISPR 16-4-2.

Tableau 1 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes CISPR

Bande de fréquences		Durées minimales de mesure T_m
A	9 kHz à 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz à 30 MHz	0,50 ms
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz à 18 GHz	0,01 ms

Tableau 2 – Durées minimales de scrutation pour les trois bandes CISPR avec détecteurs de crête et de quasi-crête

Bande de fréquence		Durée de scrutation T_s pour une détection de crête	Durée de scrutation T_s pour une détection de quasi-crête
A	9 kHz à 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz à 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

En fonction du type de perturbation, la durée de scrutation peut devoir être augmentée, même pour des mesurages de quasi-crête. Dans des cas extrêmes, la durée de mesure T_m à une certaine fréquence peut devoir être augmentée à 15 s, si le niveau de l'émission observée n'est pas stable (voir 6.5.1). Toutefois, les claquements isolés sont exclus.

Les durées de mesure et les vitesses de scrutation utilisables avec un détecteur de valeur moyenne sont données à l'Annexe C.

La plupart des normes de produits font appel à la détection de quasi-crête pour les mesurages de conformité, ce qui peut prendre beaucoup de temps si aucune procédure de réduction de la durée de mesure n'est appliquée (voir Article 8). Avant de pouvoir appliquer une procédure de réduction de la durée de mesure, l'émission doit être détectée par une préscrutation. Afin de s'assurer que, par exemple, des signaux intermittents ne sont pas oubliés pendant une scrutation automatique, les considérations de 6.6.3 à 6.6.5 doivent être prises en compte.

6.6.3 Vitesses de scrutation des récepteurs à scrutation et des analyseurs de spectre

Il est nécessaire de remplir l'une des deux conditions suivantes pour s'assurer que des signaux ne sont pas oubliés pendant des scrutations automatiques sur les intervalles de fréquences:

- pour un balayage unique: la durée de mesure pour chaque fréquence doit être supérieure aux intervalles entre impulsions pour les signaux intermittents;
- pour des balayages multiples avec maintien du maximum: il convient que la durée d'observation pour chaque fréquence soit suffisante pour intercepter des signaux intermittents.

La vitesse de scrutation en fréquence est limitée par la largeur de bande de résolution de l'instrument et le réglage de la largeur de bande vidéo. Si la vitesse de scrutation choisie est trop rapide pour un état donné de l'instrument, des résultats de mesure erronés sont obtenus. En conséquence, il est nécessaire de choisir une durée de balayage suffisamment longue pour l'intervalle de fréquence considéré. Les signaux intermittents peuvent être interceptés soit par un simple balayage avec une durée d'observation suffisamment longue à chaque fréquence, soit par des balayages multiples avec maintien du maximum. Généralement, pour une vue d'ensemble d'émissions inconnues, la deuxième solution est particulièrement efficace: tant que l'affichage du spectre se modifie, il peut exister encore des signaux intermittents à découvrir. La durée d'observation doit être choisie en fonction de la périodicité avec laquelle les signaux brouilleurs apparaissent. Dans certains cas, une modification de la vitesse de balayage peut devoir être effectuée pour éviter des effets de synchronisation.

Lors de la détermination de la durée minimale de balayage pour les mesurages avec un analyseur de spectre ou un récepteur de brouillage électromagnétique à scrutation, sur la base d'un réglage donné de l'instrument et en utilisant une détection de crête, deux cas différents doivent être distingués. Si la largeur de bande vidéo choisie est **plus large** que la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée minimale de balayage:

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}}^2} \quad (1)$$

où

$T_{s \min}$ est la durée minimale de balayage,

Δf est l'intervalle de fréquence,

B_{res} est la largeur de bande de résolution, et

k est la constante de proportionnalité, relative à la forme du filtre de résolution; cette constante a une valeur estimée entre 2 et 3 pour des filtres à accord synchrone, pratiquement gaussiens. Pour des filtres pratiquement rectangulaires, à accord décalé, k a une valeur comprise entre 10 et 15.

Si la largeur de bande vidéo choisie est inférieure ou égale à la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée minimale de balayage.

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}} B_{\text{video}}} \quad (2)$$

où B_{video} est la largeur de bande vidéo.

La plupart des analyseurs de spectre et des récepteurs de brouillage électromagnétique à scrutation règlent automatiquement la durée de balayage en fonction de l'intervalle de fréquence choisi et des réglages de largeur de bande. La durée de balayage est réglée pour maintenir un affichage étalonné. La sélection automatique de la durée de balayage peut être annulée si des durées d'observation plus longues sont exigées, par exemple pour intercepter des signaux à variation lente.

De plus, pour les balayages répétitifs, le nombre de balayages par seconde est déterminé par la durée de balayage $T_{s \min}$ et le temps de retour (durée nécessaire pour réajuster l'oscillateur local et pour enregistrer les résultats de mesure, etc.).

6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier

Les récepteurs de brouillage électromagnétique à accord par palier sont accordés successivement sur des fréquences ponctuelles en utilisant des largeurs de pas prédéfinies. Tout en couvrant la plage de fréquences concernée par des pas discrets de fréquence, un temps minimal de palier à chaque fréquence est exigé pour que l'instrument mesure de façon précise le signal d'entrée.

Pour le mesurage réel, l'utilisation d'un pas de fréquence d'environ 50 % de la largeur de bande de résolution utilisée, ou moins (en fonction de la forme du filtre de résolution) est exigée pour réduire l'incertitude de mesure due à la largeur du pas pour les signaux à bande étroite. Avec ces hypothèses, la durée de scrutation $T_{s \min}$ pour un récepteur à accord par palier peut être calculée en utilisant l'équation suivante:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \frac{\Delta f}{0,5 B_{\text{res}}} \quad (3)$$

où $T_{m \min}$ est la durée minimale de mesure (temps de palier) à chaque fréquence.

En plus de la durée de mesure, une certaine période de temps doit être prise en considération pour que le synthétiseur passe à la fréquence suivante et pour que le micrologiciel enregistre le résultat de mesure, ce qui est réalisé automatiquement dans la plupart des récepteurs, de telle sorte que la durée de mesure choisie est la durée réelle pour obtenir le résultat de mesure. De plus, le détecteur choisi, par exemple de crête ou de quasi-crête, détermine également cette durée.

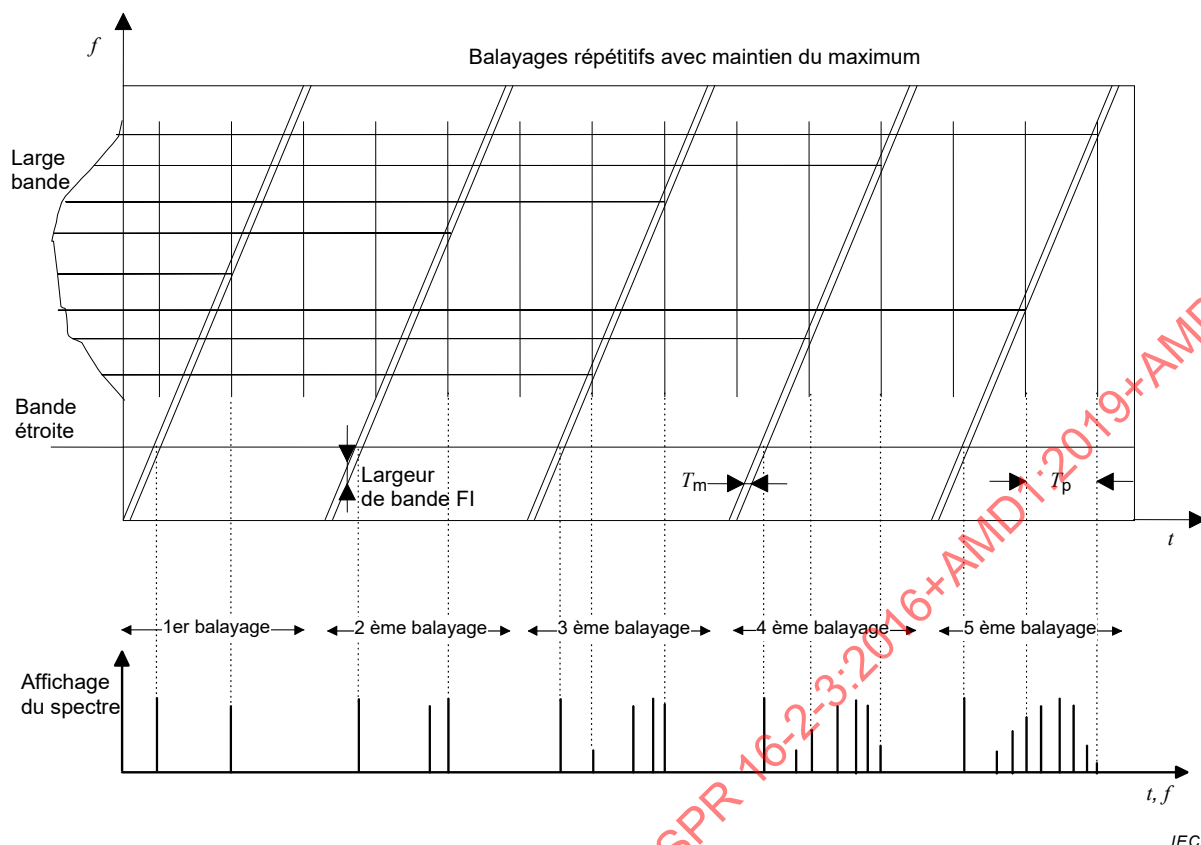
Pour des émissions purement à large bande, le pas de fréquence peut être augmenté. Dans ce cas, l'objectif consiste à déterminer uniquement les valeurs maximales du spectre d'émission.

6.6.5 Stratégies pour l'obtention d'une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête

Pour chaque mesurage par prés crutation, la probabilité d'intercepter toutes les composantes spectrales critiques du spectre de l'EUT doit être de 100 % ou aussi proche que possible de 100 %. En fonction du type de récepteur de mesure et des caractéristiques de la perturbation pouvant contenir des composantes à bande étroite et à large bande, deux approches générales sont proposées:

- scrutation par pas: la durée de mesure (temps de palier) doit être assez longue pour chaque fréquence pour mesurer la crête du signal, par exemple, pour un signal impulsif, il convient que la durée de mesure (temps de palier) soit supérieure à l'inverse de la fréquence de répétition du signal.
- scrutation continue: la durée de mesure doit être supérieure aux intervalles entre les signaux intermittents (balayage unique) et il convient de maximiser le nombre de scrutations en fréquence pendant la durée d'observation pour augmenter la probabilité d'interception du signal.

La Figure 1, la Figure 2 et la Figure 3 donnent des exemples de la relation entre différents spectres d'émission variant dans le temps et les affichages correspondants sur le récepteur de mesure. Dans chaque cas, la partie supérieure de la Figure représente la position de la largeur de bande du récepteur selon qu'il balaye le spectre en continu ou par pas.



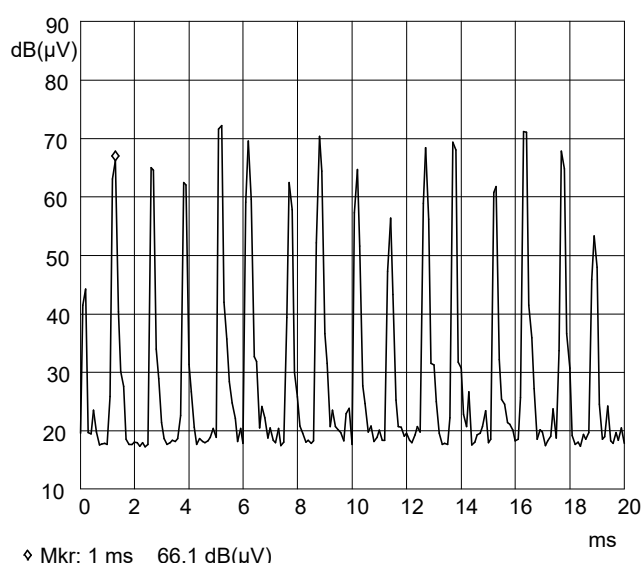
Légende:

T_0 est l'intervalle de répétition des impulsions du signal impulsif. Une impulsion se produit à chaque ligne verticale du spectre en fonction de l'échelle de temps de l'affichage (partie supérieure de la Figure).

Figure 1 – Mesurage d'une combinaison d'un signal en onde entretenue à bande étroite et d'un signal impulsif à large bande en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum

Si le type d'émission est inconnu, des balayages multiples avec une durée de balayage aussi courte que possible et une détection de crête permettent de déterminer l'enveloppe du spectre. Un balayage unique court est suffisant pour mesurer le contenu d'un signal continu à bande étroite dans le spectre d'un matériel en essai. Pour les signaux continus à large bande et les signaux intermittents à bande étroite, des balayages multiples à différentes vitesses de scrutation en utilisant la fonction «maintien du maximum» peuvent être nécessaires pour déterminer l'enveloppe du spectre. Pour des signaux impulsifs à faible répétition, il est nécessaire d'effectuer de nombreux balayages pour remplir l'enveloppe du spectre de la composante à large bande.

La réduction de la durée de mesure exige une analyse temporelle des signaux à mesurer. Ceci peut être effectué soit avec un récepteur de mesure qui fournit un affichage graphique du signal, utilisé en mode «intervalle nul» ou en utilisant un oscilloscope raccordé à la sortie FI ou vidéo du récepteur, comme représenté à la Figure 2.

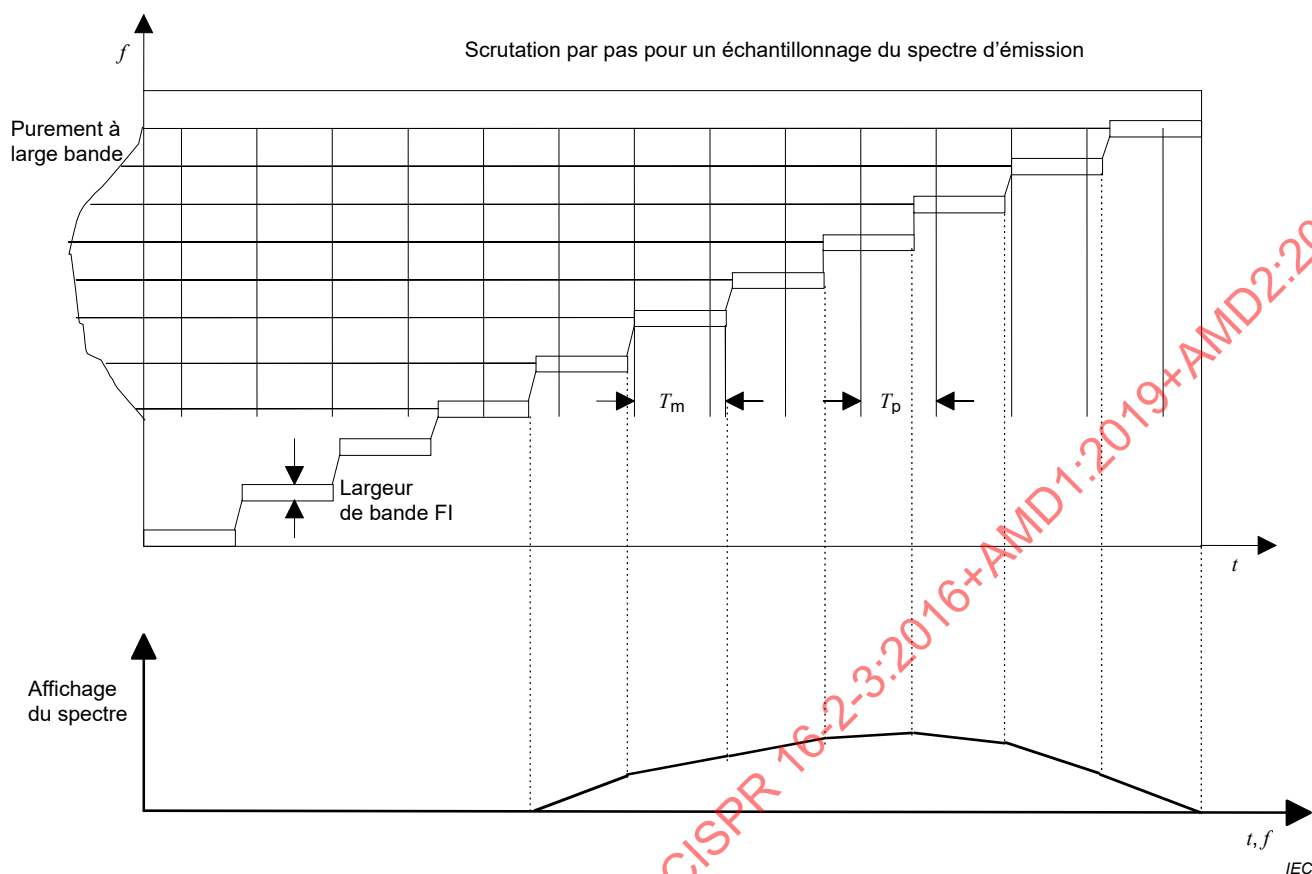


NOTE Perturbation d'un moteur à collecteur à courant continu: en raison du nombre de segments du collecteur, la fréquence de répétition d'impulsions est élevée (environ 800 Hz) et l'amplitude des impulsions varie fortement. En conséquence, pour cet exemple, la durée de mesure (temps de palier) recommandée avec un détecteur de crête est supérieure à 10 ms.

Figure 2 – Exemple d'analyse temporelle

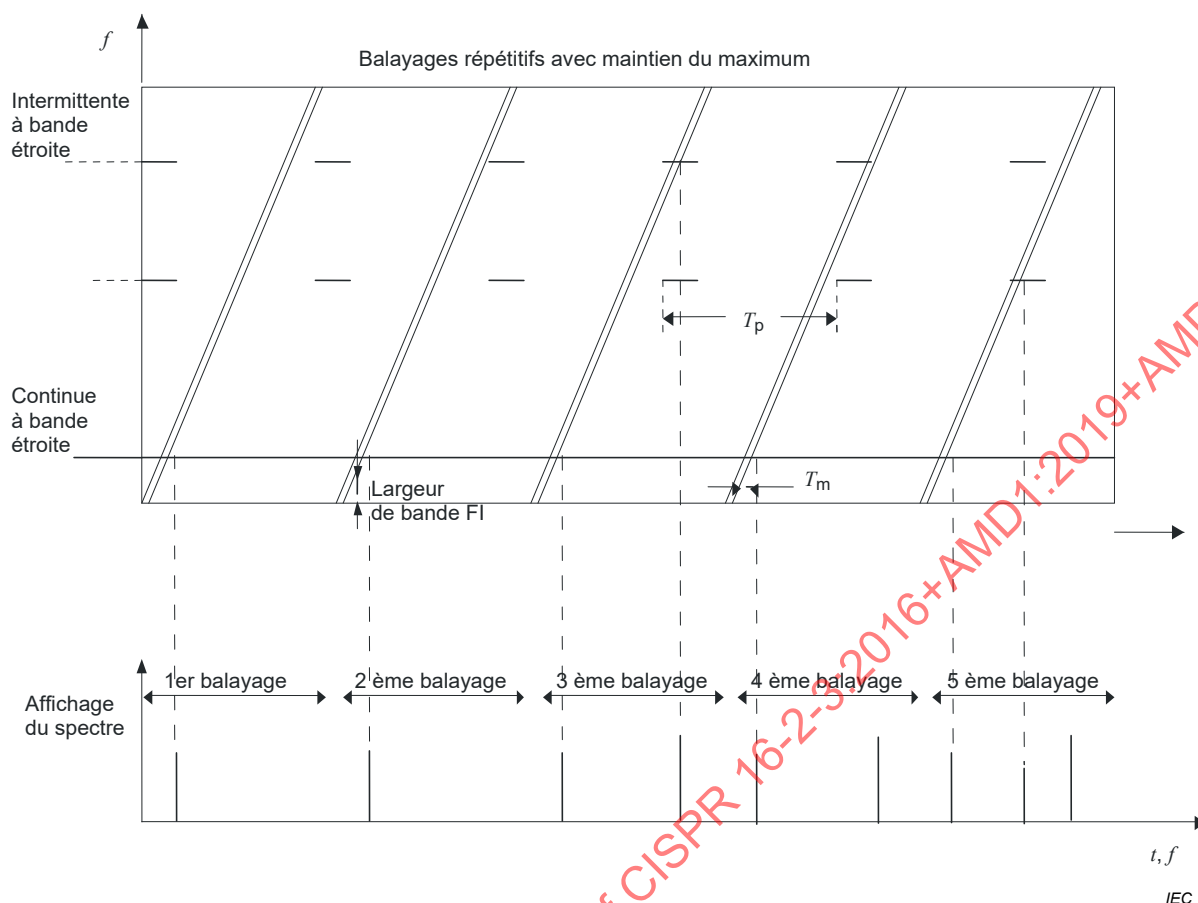
À partir d'une telle analyse temporelle, les durées des impulsions et leurs fréquences de répétition peuvent être déterminées, et les vitesses de scrutation ou les temps de palier peuvent être sélectionnés en conséquence, dans les conditions suivantes:

- pour les perturbations **continues non modulées à bande étroite**, la durée de scrutation la plus courte possible pour les réglages choisis de l'instrument peut être utilisée;
- pour les perturbations **purement continues à large bande**, par exemple dues à des moteurs à allumage, des appareils de soudage à l'arc et des moteurs à collecteur, une scrutation par pas (avec une détection de crête ou même de quasi-crête) peut être utilisée pour un échantillonnage du spectre d'émission. Dans ce cas, la connaissance du type de perturbation permet de dessiner une courbe en lignes brisées représentant l'enveloppe du spectre (voir Figure 3). La largeur du pas doit être choisie de sorte qu'aucune variation significative de l'enveloppe du spectre ne soit oubliée. Un mesurage par balayage unique, s'il est effectué suffisamment lentement, génère également l'enveloppe du spectre;
- pour les perturbations **intermittentes à bande étroite** de fréquences inconnues, des balayages courts et rapides avec la fonction «maintien du maximum» (voir Figure 4) ou un balayage lent peuvent être utilisés. Une analyse temporelle peut être exigée avant le mesurage réel pour s'assurer d'une interception correcte du signal;
- les perturbations **intermittentes à large bande** doivent être mesurées avec les procédures d'analyse des perturbations discontinues, comme décrites dans la CISPR 16-1-1.



La durée de mesure (temps de palier) T_m doit être supérieure à l'intervalle de répétition des impulsions T_p , qui est l'inverse de la fréquence de répétition d'impulsions.

Figure 3 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier



NOTE 1 Le nombre de balayages exigés ou la durée de balayage peuvent devoir être augmentés, en fonction de la durée des impulsions ou de leur intervalle de répétition.

NOTE 2 Dans cet exemple, cinq balayages sont exigés pour intercepter toutes les composantes spectrales.

Figure 4 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission

6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT

Les appareils de mesure à FFT peuvent associer le calcul en parallèle à N fréquences et une scrutation par pas. Dans ce but, la plage de fréquences concernée est subdivisée en un certain nombre de segments N_{seg} qui sont scrutés en séquence. Le mode opératoire est présenté à la Figure 5 pour trois segments. La durée totale de scrutation pour la plage de fréquences concernée $T_{\text{scrutation}}$ est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{scrutation}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

où

T_m est la durée de mesure pour chaque segment, et

N_{seg} est le nombre de segments.

Les appareils de mesure à FFT peuvent également fournir des méthodes pour améliorer la résolution en fréquence sur une plage de fréquences donnée. Un appareil de mesure à FFT a

généralement un pas de fréquence fixe $f_{\text{pas,FFT}}$ qui est déterminé par le nombre de fréquences de la FFT. Une résolution de fréquence accrue est obtenue en effectuant des calculs répétés sur une plage de fréquences donnée. Pour chaque calcul répété, la fréquence la plus basse est incrémentée d'un pas de fréquence $f_{\text{pas final}}$.

Ainsi, le premier calcul sur la plage de fréquences donnée prend en compte les fréquences suivantes:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{pas FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{pas FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{pas FFT}} \end{aligned}$$

Le deuxième calcul sur la plage de fréquences donnée prend en compte les fréquences suivantes:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}} + f_{\text{pas final}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{pas final}} + f_{\text{pas FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{pas final}} + 2f_{\text{pas FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{pas final}} + 3f_{\text{pas FFT}} \end{aligned}$$

Ce mode opératoire, appliqué à un rapport de pas de 3, est présenté à la Figure 6.

La durée de scrutation $T_{\text{scrutation}}$ est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{scrutation}} = T_m \frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}} \quad (5)$$

où

T_m est la durée de mesure, et

$\frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}}$ est le rapport de pas.

Pour un système associant les deux méthodes, la durée de scrutation $T_{\text{scrutation}}$ est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{scrutation}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}} \quad (6)$$

NOTE 1 Les appareils de mesure à FFT peuvent combiner les deux méthodes, la scrutation par pas ainsi qu'une méthode d'amélioration de la résolution en fréquence.

NOTE 2 Des informations contextuelles supplémentaires sur la définition du récepteur de mesure à FFT peuvent être consultées dans la CISPR TR 16-3 [3].

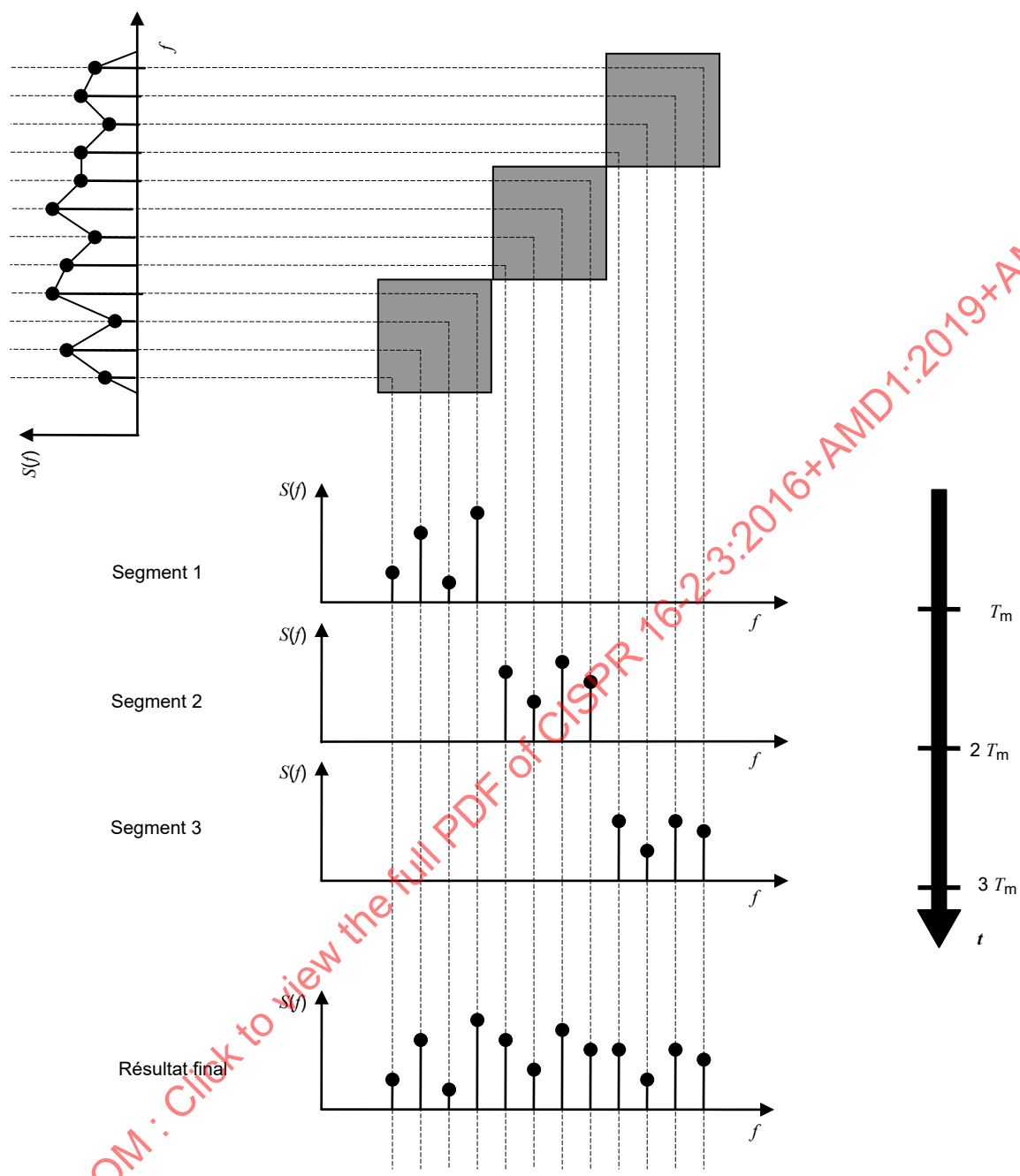
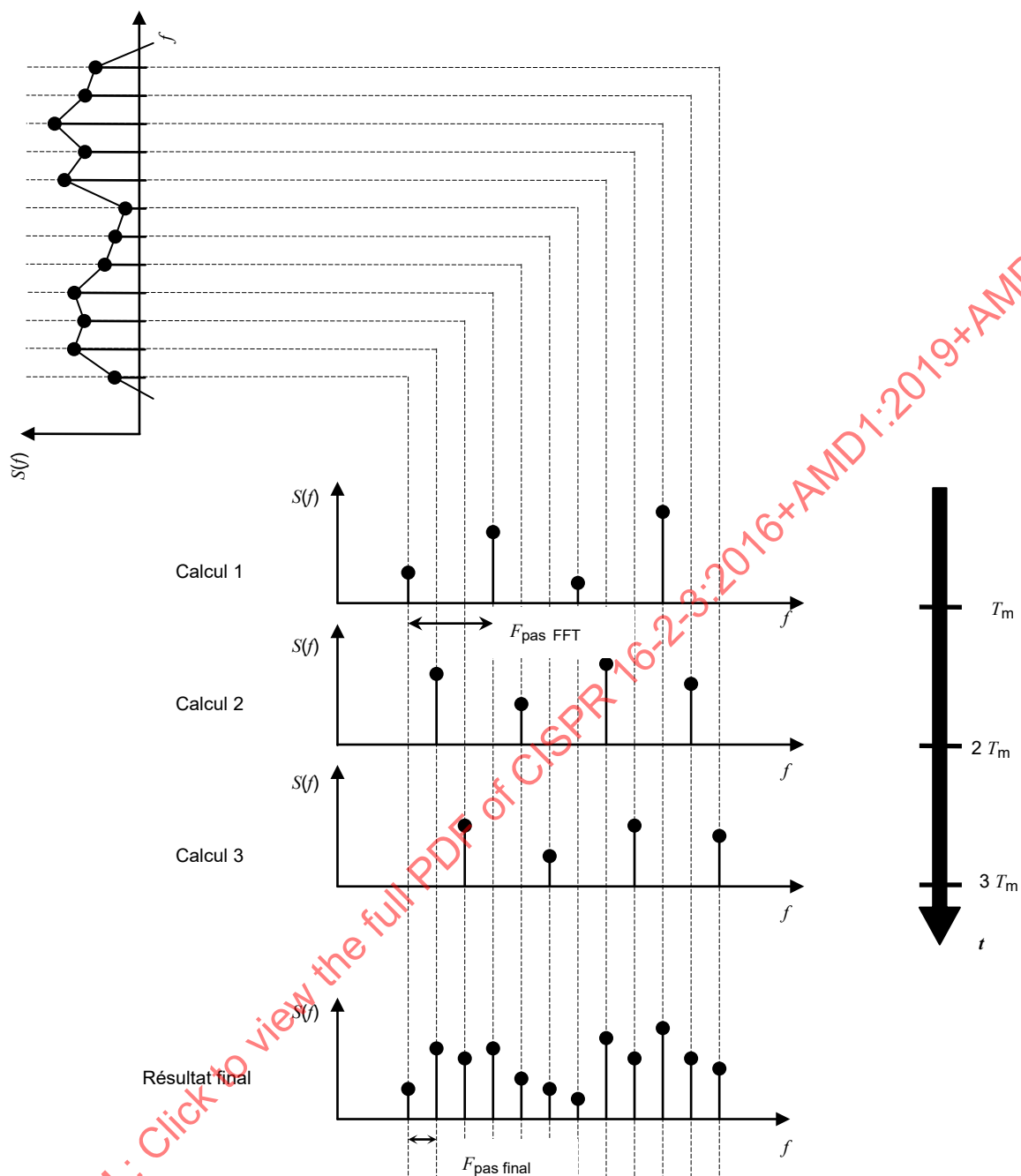


Figure 5 – Scrutation par FFT en segments



IEC

Figure 6 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT

7 Mesurage des perturbations rayonnées

7.1 Remarques introductives Généralités

Le présent article établit les procédures générales de mesure de l'amplitude du champ de perturbation radioélectrique produit par des dispositifs et des systèmes. L'expérience en matière de mesurage de perturbations rayonnées est moins étendue que celle relative aux mesurages de la tension. Les procédures de mesure de perturbations rayonnées sont donc susceptibles de faire l'objet de révisions et d'extensions, à mesure de l'avancée des connaissances et de l'expérience. Une attention toute particulière doit être accordée à l'effet des conducteurs et des câbles associés à l'EUT. Le Tableau 3 fournit une liste récapitulative

~~des emplacements et des méthodes d'essai d'émissions rayonnées CISPR, ainsi que des références croisées associées aux paragraphes du présent document ou à d'autres documents.~~

~~Pour certains produits, des mesurages des composantes électriques, magnétiques, ou les deux, de la perturbation rayonnée peuvent être exigés. Parfois, il est plus approprié de mesurer une grandeur liée à la puissance rayonnée. Il convient normalement de mesurer à la fois les composantes verticale et horizontale de la perturbation, par rapport au plan de masse de référence. Les résultats de mesure des composantes électriques ou magnétiques peuvent être exprimés en valeurs de crête, de quasi-crête, moyennes ou efficaces.~~

~~La composante magnétique de la perturbation est normalement mesurée à des fréquences ne dépassant pas 30 MHz. Lors du mesurage du champ magnétique, seule la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne de réception est mesurée lorsque la procédure de l'antenne à distance est appliquée. Si le système d'antenne cadre (LAS – loop antenna system) est utilisé, les trois moments magnétiques coulombiens orthogonaux de l'EUT sont mesurés. (Noter que dans la méthode à antenne unique, la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne est déterminée par les moments coulombiens horizontaux et verticaux de l'EUT, en raison du rôle joué par la réflexion).~~

Tableau 3 – Plages de fréquences applicables et références de documents pour les emplacements et les méthodes d'essai d'émissions rayonnées CISPR

Emplacement / méthode	9 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz	1 GHz à 18 GHz
Emplacement en extérieur	tbd	7.3.8	n/a
LAS	7.2	n/a	n/a
OATS ou SAC	tbd	7.3	n/a
FAR	n/a	7.4	7.6
Méthode commune d'émission rayonnée/immunité rayonnée	n/a	7.5 (Démarrage de l'immunité rayonnée à 80 MHz)	n/a
OATS à revêtement absorbant	n/a	n/a	7.6
<i>In situ</i>	7.7.2	7.7.3, 7.7.4.2	7.7.3, 7.7.4.3
Remplacement	n/a	7.8	7.8
Chambre réverbérante	n/a	7.9 (Démarrage à 80 MHz)	7.9
Guide d'onde TEM	IEC 61000-4-20	7.10	7.10
n/a = non applicable; tbd = à déterminer ou à l'étude			

7.1.1 Remarques générales et vue d'ensemble des méthodes d'essai

L'Article 7 établit les procédures générales de mesure de l'amplitude du champ de perturbation radioélectrique produit par des dispositifs et des systèmes. La plupart des expériences en matière de mesurage de perturbations rayonnées existent pour les OATS/SAC avec une distance de 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz. Dans cette plage de fréquences, cette méthode est appelée la "méthode d'essai établie" à laquelle d'autres méthodes d'essai sont comparées quant au niveau de radioprotection (voir aussi la CISPR TR 16-4-5). Les effets des conducteurs et des câbles associés à l'EUT en matière de longueur, de disposition et de terminaison doivent être pris en considération (voir Garbe et Battermann [21], Garbe [22]). Le Tableau 8 fournit une liste récapitulative des emplacements d'essai et des méthodes de mesure des perturbations rayonnées CISPR, ainsi que des références croisées associées aux paragraphes du présent document ou à d'autres documents. Les Tableaux 9, 10, 11 et 12 fournissent des informations sur les volumes maximaux d'EUT associés aux différentes méthodes de mesure. Des

informations contextuelles relatives aux critères des volumes d'EUT sont fournies dans l'Annexe F.

Pour certains produits, des mesurages des composantes d'amplitudes de champs électriques, magnétiques, ou les deux, de la perturbation rayonnée peuvent être exigés. Parfois, il est plus approprié de mesurer une grandeur liée à la puissance rayonnée. Il convient généralement de mesurer à la fois les composantes verticale et horizontale de la perturbation, par rapport au sol d'installation ou au plan de masse. Les résultats de mesure des composantes d'amplitudes de champs électriques ou magnétiques peuvent être exprimés en valeurs de crête, de quasi-crête, moyennes ou moyennes efficaces.

La composante d'amplitude de champ magnétique d'une perturbation est généralement mesurée à des fréquences ne dépassant pas 30 MHz. En règle générale, lors du mesurage de l'amplitude de champ magnétique, les composantes horizontale et verticale du champ à l'emplacement de l'antenne de réception sont mesurées lorsque la procédure de l'antenne unique à distance est appliquée. Si un LLAS est utilisé, les trois moments magnétiques coulombiens orthogonaux de l'EUT sont mesurés.

NOTE 1 Dans la méthode de mesure de l'amplitude de champ magnétique, à l'aide d'une antenne unique à distance (par exemple, antenne-cadre de 60 cm), les composantes horizontales du champ à l'emplacement de l'antenne sont déterminées par les moments coulombiens horizontaux et verticaux de l'EUT.

Tableau 8 – Plages de fréquences applicables et références de documents pour les emplacements d'essai et les méthodes de mesure de perturbations rayonnées CISPR

Emplacement / méthode	De 9 kHz à 30 MHz	De 30 MHz à 1 000 MHz	De 1 GHz à 18 GHz
Emplacement en extérieur	tbd	7.3.8	n/a
LLAS	7.2	n/a	n/a
OATS ou SAC	tbd	7.3	n/a
FAR	n/a	7.4	7.6
Méthode commune d'émission rayonnée / Immunité rayonnée	n/a	7.5 (Démarrage de l'immunité rayonnée à 80 MHz)	n/a
OATS/SAC à revêtement absorbant	n/a	n/a	7.6
<i>In situ</i>	7.7.2	7.7.3, 7.7.4.2	7.7.3, 7.7.4.3
Méthode de remplacement	n/a	7.8	7.8
Chambre réverbérante	n/a	7.9 (Démarrage à 80 MHz)	7.9
Guide d'ondes TEM	IEC 61000-4-20	7.10	7.10
n/a = non applicable; tbd = à déterminer ou à l'étude			

7.1.2 Vue d'ensemble des volumes maximaux d'EUT en fonction de la méthode de mesure, de la plage de fréquences et de la distance de mesure

7.1.2.1 Plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz

- a) Les dimensions maximales de l'EUT pour les mesurages de systèmes de grande antenne-cadre (LLAS – *large loop antenna system*) sont énumérées dans le Tableau 9.

Il est recommandé d'utiliser un LLAS de 3 m pour $1,6 \text{ m} < \text{dimensions de l'EUT} \leq 2,4 \text{ m}$, et d'utiliser un LLAS de 4 m pour $2,4 \text{ m} < \text{dimensions de l'EUT} \leq 3,2 \text{ m}$.

Tableau 9 – Dimensions maximales de l'EUT pour différents diamètres de LLAS, de 9 kHz à 30 MHz

Diamètre du LLAS	2 m	3 m	4 m
Dimension de l'EUT ^a	1,6 m	2,4 m	3,2 m
^a La dimension spécifiée de l'EUT s'applique au diamètre d'une sphère qui englobe l'EUT dans sa totalité, par exemple, pour un EUT de forme cubique, la longueur latérale maximale du cube pour un LLAS de 2 m est égale à $(1,6 \text{ m})/\sqrt{3} = 0,92 \text{ m}$; pour un LLAS de 3 m: $(2,4 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,39 \text{ m}$; et pour un LLAS de 4 m: $(3,2 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,85 \text{ m}$. Ces dimensions maximales d'EUT sont identiques à celles spécifiées dans la CISPR 16-1-4.			

- b) Les dimensions maximales recommandées de l'EUT pour un OATS/une SAC ou un emplacement en extérieur sont énumérées dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT, OATS/SAC et emplacement en extérieur, de 9 kHz à 30 MHz

Distance de mesure	3 m	5 m	10 m	30 m
D sur h dans l'OATS/la SAC ^a	1,5 sur 1,5 ^b	2,0 sur 2,0 ^b	5,0 sur 4,0	15 sur 4,0 ^d
D sur h dans l'emplacement en extérieur ^c	1,5 sur 1,5 ^b	2,0 sur 2,0 ^b	5,0 sur 4,0	15 sur 4,0 ^d
^a Les spécifications relatives à l'emplacement d'essai et les méthodes de validation de l'OATS/la SAC sont en cours d'élaboration. ^b Les volumes d'EUT inférieurs ou égaux à ceux pour $d = 3 \text{ m}$ (5 m) correspondent à de petits EUT, tels que définis en 3.1.35. Les limites de perturbation pour des EUT plus importants peuvent être définies pour ces distances en tenant compte du diamètre volumique de l'EUT (voir [18], par exemple). Des travaux sont en cours afin de définir les conditions des volumes moyens d'EUT. ^c Un emplacement en extérieur est un emplacement d'essai non validé sans plan de masse conducteur. ^d La diamètre de l'EUT pour 30 m est proportionnel aux diamètres pour 3 m et 10 m. Une distance de 30 m est considérée comme une distance de protection dans laquelle tout volume d'EUT englobé par la largeur de faisceau de l'antenne de réception est acceptable. Le présent tableau comprend une distance de 30 m, car il s'agit de la distance spécifiée dans la CISPR 11, indépendamment du fait qu'une méthode associée de validation ne soit pas disponible ou soit en cours d'élaboration pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz. La hauteur de l'EUT est limitée à 4 m, car les hauteurs supérieures à 4 m ne sont pas nécessaires dans la pratique.				

- c) Les dimensions maximales d'EUT dans un guide d'ondes TEM sont les suivantes.

Le volume d'essai utilisable est de $0,6W$ sur $0,6L$ sur $0,33h$, où W = largeur (moyenne) du septum, H = hauteur (moyenne) du septum, et $L = z_{\max} - z_{\min}$, c'est-à-dire, la région dans laquelle les exigences du mode TEM sont satisfaites (voir l'IEC 61000-4-20). Le volume de l'EUT est limité par le volume d'essai.

7.1.2.2 Plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz

- a) Les dimensions maximales de l'EUT pour un OATS/une SAC et une enceinte complètement anéchoïque sont énumérées dans le Tableau 11.

Tableau 11 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal de l'EUT, OATS/SAC et enceinte complètement anéchoïque, de 30 MHz à 1 000 MHz

Distance de mesure	3 m	5 m	10 m	30 m
D sur h dans l'OATS/la SAC	1,5 sur 1,5	2,0 sur 2,0	5,0 sur 4,0 ^a	15 sur 4,0 ^a
D sur h dans la FAR	1,5 sur 1,5	2,0 sur 2,0 ^b	3,0 sur 3,0 ^b	-

NOTE Les volumes d'EUT inférieurs ou égaux à ceux pour $d = 3$ m (5 m) correspondent à de petits EUT, tels que définis en 3.1.35. Des travaux sont en cours afin de définir les conditions des volumes moyens d'EUT.

^a Pour l'OATS/la SAC, le volume de l'EUT à des distances de 10 m et de 30 m est donné uniquement à titre de recommandation, étant donné que ces distances peuvent être considérées comme des distances de protection dans lesquelles tout volume de l'EUT englobé par la largeur de faisceau de l'antenne de réception est accepté, dans la mesure où le volume d'essai satisfait aux critères de validation.

^b Le Tableau 14 de la CISPR 16-1-4 spécifie les diamètres et hauteurs maximaux du volume de l'EUT pour les mesurages des perturbations rayonnées dans une FAR tels que 1,5 m, 2,5 m et 5 m pour des distances de mesure $d = 3$ m, 5 m et 10 m, respectivement. Les dimensions maximales de l'EUT sont inférieures à 2,5 m et 5 m à $d = 5$ m et 10 m, respectivement, sont principalement dues à l'effet du champ proche et au fait qu'une FAR constitue un emplacement alternatif d'essai.

- b) Les dimensions maximales d'EUT dans un guide d'ondes TEM sont les suivantes.

Le volume d'essai utilisable est de $0,6w$ sur $0,6L$ sur $0,33h$. Pour les définitions de w , L , et h , voir 7.1.2.1 c).

- c) Les dimensions maximales d'EUT dans une chambre réverbérante sont les suivantes.

À la fréquence minimale utilisable d'une chambre réverbérante, l'EUT doit se situer au minimum à $\lambda/4$ des parois de la chambre. Des espaces supplémentaires sont exigés pour le brasseur et pour l'antenne d'émission et l'antenne de réception. Pour de plus amples informations, voir l'IEC 61000-4-21.

7.1.2.3 Plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz

- a) Les dimensions maximales recommandées d'EUT pour un OATS/une SAC à revêtement absorbant et une FAR sont énumérées dans le Tableau 12.

Tableau 12 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT pour une incertitude réduite en champ proche; OATS/SAC à revêtement absorbant et FAR, de 1 GHz à 18 GHz

Distance de mesure	3 m	5 m	10 m
D sur h de 1 GHz à 6 GHz ^{a,b}	1,5 sur 1,5	2,0 sur 2,0	5,0 sur 3,0
D sur h de 6 GHz à 18 GHz ^a	1,5 sur 1,5	2,0 sur 2,0	5,0 sur 3,0

^a Les largeurs de faisceaux minimales d'antennes exigées pour les volumes d'EUT dans le présent tableau sont de 28° (pour $d = 3$ m), 22,6° (pour $d = 5$ m) et 22,6° (pour $d = 10$ m), tel que déterminé à l'aide de l'Équation (13); voir aussi le Tableau 5.

^b Actuellement, la CISPR 32 ne spécifie pas de limite de perturbation pour les fréquences supérieures à 6 GHz. Si les limites de perturbation du CISPR pour les fréquences supérieures à 6 GHz sont adoptées, les recommandations relatives aux dimensions de l'EUT peuvent devoir être amendées.

- b) Les dimensions maximales d'EUT dans un guide d'ondes TEM sont les suivantes.

Le volume d'essai utilisable est de $0,6 w$ sur $0,6 L$ sur $0,33 h$. Pour les définitions de w , L , et h , voir 7.1.2.1 c).

- c) Les dimensions maximales d'EUT dans une chambre réverbérante sont les suivantes – voir 7.1.2.2 c).

7.2 Mesurages du système d'antenne-cadre (9 kHz à 30 MHz)

7.2.1 Généralités

Le ~~système d'antenne-cadre (LAS)~~ LLAS étudié dans le présent paragraphe est adapté au mesurage en intérieur de l'amplitude du champ magnétique émis par un seul EUT dans la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz. L'amplitude du champ magnétique se mesure en termes de courants induits dans le LLAS par le champ magnétique perturbateur de l'EUT. Le LLAS doit être validé régulièrement en appliquant la méthode décrite dans la CISPR 16-1-4. La CISPR 16-1-4 fournit également une description complète du LLAS et une relation entre les résultats de mesure obtenus avec le LLAS et ceux obtenus conformément à la description du présent paragraphe.

7.2.2 Méthode générale de mesure

La Figure 7 présente le concept général sur lequel reposent les mesurages réalisés avec le LLAS. L'EUT est installé au centre du LLAS. Le courant induit par ~~le~~ l'amplitude de champ magnétique de l'EUT dans chacune des trois grandes antennes-cadres du LLAS est mesuré en connectant la sonde de courant de la grande antenne-cadre au récepteur de mesure (ou équivalent). Au cours des mesurages, l'EUT reste en position fixe.

Les courants dans les trois grandes antennes-cadres, issus des trois composantes d'amplitude de champ magnétique mutuellement orthogonales, sont mesurés en séquence. Chaque niveau de courant mesuré doit respecter la limite d'émission, exprimée en dB(μ A), comme spécifié dans la norme de produit. La limite d'émission doit s'appliquer à un LLAS comportant de grandes antennes-cadres de diamètre normalisé égal à 2 m.

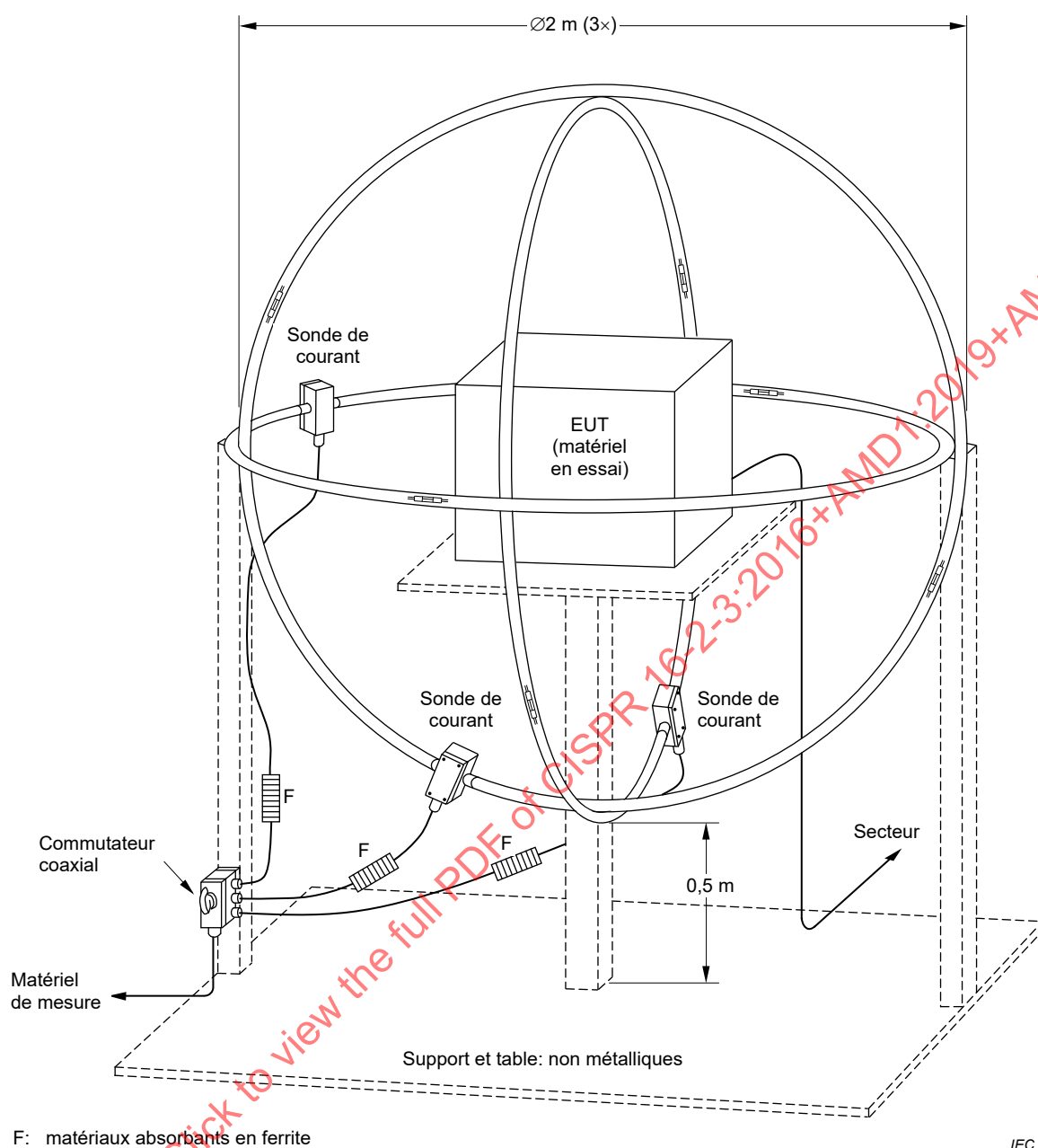


Figure 7 – Concept des mesures des courants induits par un champ magnétique avec le système d'antenne-cadre

7.2.3 Environnement d'essai

La distance entre le périmètre extérieur du LLAS et les objets environnants, tels que le sol et les murs, doit être au moins égale à 0,5 m. Les courants induits dans le LLAS par un champ RF ambiant doivent être évalués conformément à la CISPR 16-1-4.

7.2.4 Configuration du matériel en essai

Afin d'éviter un couplage capacitif indésirable entre l'EUT et le LLAS, les dimensions maximales de l'EUT doivent laisser une distance minimale de 0,20 m entre ce dernier et les grandes antennes-cadres de 2 m normalisées du LLAS.

La position du cordon d'alimentation doit être optimisée pour permettre une induction maximale du courant. En général, cette position n'est pas critique lorsque l'EUT respecte la limite d'émission conduite.

Dans le cas d'un EUT de taille importante, le diamètre des antennes-cadres du LLAS peut être augmenté jusqu'à 4 m. Dans ce cas:

- a) les valeurs du courant mesurées doivent être corrigées conformément à l'Article B.6 de la CISPR 16-1-2; et
- b) les dimensions maximales de l'EUT doivent laisser, entre l'EUT et les grands cadres, une distance minimale de $(0,1 \times D)$ m, D représentant le diamètre du cadre non normalisé.

7.2.5 Incertitude de mesure du système ~~d'~~ de grande antenne-cadre

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.3 Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (30 MHz à 1 GHz)

7.3.1 Mesurande

La grandeur à mesurer est l'amplitude de champ électrique maximale émise par l'EUT en fonction de la polarisation horizontale et verticale et à des hauteurs comprises entre 1 m et 4 m, et avec une distance horizontale de 10 m par rapport à l'EUT, sur tous les angles dans le plan d'azimut. Cette grandeur doit être déterminée compte tenu des dispositions suivantes:

- a) la plage de fréquences concernée est comprise entre 30 MHz et 1 000 MHz;
- b) la grandeur doit être exprimée en termes d'unités d'amplitude de champ qui correspondent aux unités utilisées pour exprimer les niveaux limites relatifs à cette grandeur;
- c) un emplacement de mesure et une table de positionnement propres au SAC/OATS et conformes aux exigences de validation CISPR applicables doivent être utilisés;
- d) un récepteur de mesure conforme à la CISPR 16-1-1 doit être utilisé;
- e) l'application de distances de mesure alternatives, telles que 3 m ou 30 m en lieu et place de 10 m, doit être considérée comme une méthode de mesure alternative;
- f) la distance de mesure est la projection horizontale de la distance entre la limite de l'EUT et le point de référence de l'antenne par rapport au plan de masse;
- g) la configuration et le fonctionnement de l'EUT sont conformes aux spécifications CISPR;
- h) des facteurs d'antenne en espace libre doivent être utilisés.

Le mesurande E est déduit de la lecture de tension maximale V_r en utilisant le facteur d'antenne en espace libre F_a :

$$E = V_r + A_c + F_a \quad (7)$$

où

E est l'amplitude de champ exprimée en dB(μ V/m) comme dans la description du mesurande;

V_r est la tension maximale de réception exprimée en dB(μ V), en appliquant la procédure définie dans la description du mesurande;

A_c est la perte en dB du câble de mesure entre l'antenne et le récepteur;

F_a est le facteur d'antenne en espace libre de l'antenne de réception, exprimé en dB(m⁻¹).

Les facteurs d'antenne en espace libre sont utilisés comme facteur de qualité de l'antenne. Il convient de noter que l'amplitude du champ est mesurée au-dessus d'un plan de masse et non dans un environnement en espace libre.

Pour un mesurage de perturbation électromagnétique, l'amplitude du champ électrique est exigée à une distance donnée à partir de la limite de l'EUT. La distance d'essai est mesurée à partir du point de référence de l'antenne jusqu'à la limite de l'EUT (voir Figure 8). Dans le cas d'une différence entre le point de référence sur une antenne et le centre de phase, un facteur de correction peut être appliqué pour obtenir l'amplitude du champ à la distance d'essai.

NOTE 1 Voir aussi 7.5.2.2 et A.6.2 de la CISPR 16-1-6:2014 [2] concernant les corrections portant sur les résultats d'amplitude de champ pour les variations de centre de phase d'antenne.

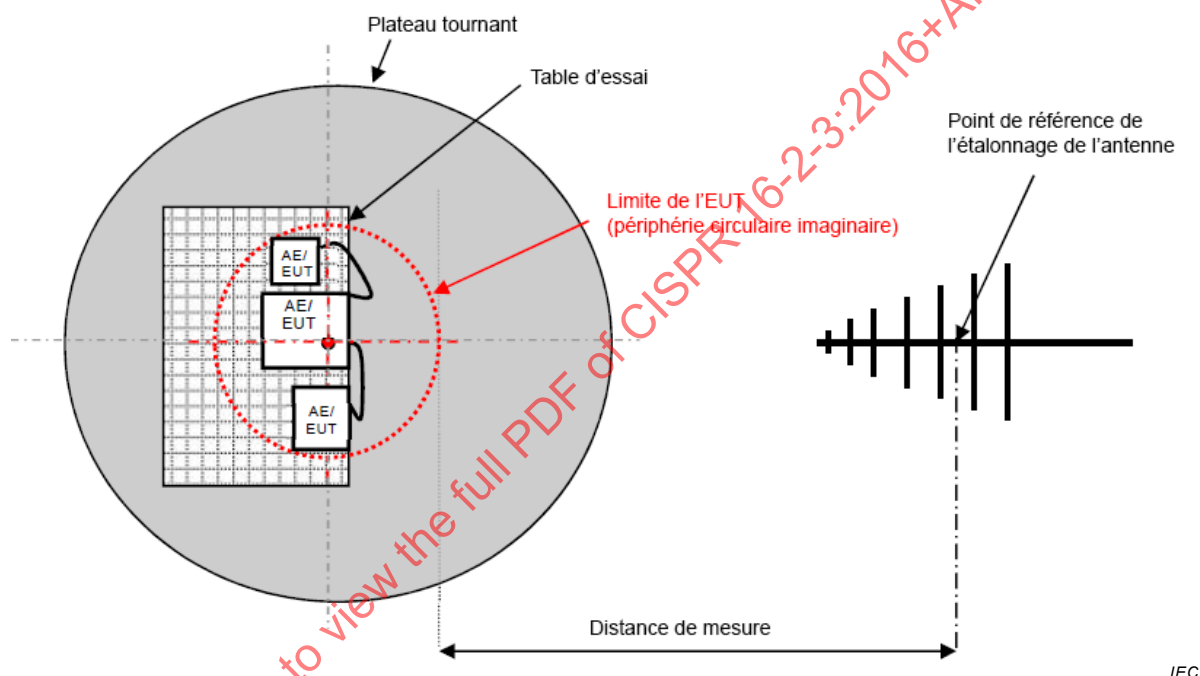


Figure 8 – Distance de mesure

À titre d'exemple, soit une antenne de réseau de dipôles log-périodiques (LPDA – log-periodic dipole array) type, présentant une séparation d'environ 0,6 m entre le doublet qui est sensible au champ à 200 MHz et le doublet qui est sensible à 1 000 MHz. Pour le mesurage de l'émission à une distance $d = 3$ m de l'EUT, à une fréquence de 200 MHz, l'amplitude du champ électrique est mesurée à une distance d'environ 3,3 m de P2 dans la Figure 9, selon la valeur de d_{phase} de l'Équation (11), où P2 est la limite de l'EUT.

Pour une fréquence donnée, la correction suivante, ΔE en dB, doit être ajoutée à l'amplitude du champ électrique mesurée:

$$\Delta E = 20 \lg \left(\frac{d_{\text{phase}}}{d} \right) \quad (8)$$

Selon la Figure 9, la distance entre P2 et l'élément résonnant à une fréquence donnée est d_{phase} , indiquée par l'Équation (9). Le point P1 est la marque du fabricant ou le centre de

l'antenne, d_{1P} est la distance entre la terminaison de l'antenne et P1, et d_{1f} est la distance entre la terminaison de l'antenne et la position du centre de phase à la fréquence f .

$$d_{\text{phase}} = d + (d_{1f} - d_{1P}) \quad (9)$$

où

$$d_{1f} = \frac{(l_f - l_{\min})(d_{\max} - d_{\min})}{l_{\max} - l_{\min}} + d_{\min} \quad (10)$$

l_f est la longueur de l'élément du doublet qui est résonnant nominalement à la fréquence f en MHz et égal à $0,9 \times 150/f$ en m, où 0,9 est un facteur de raccourcissement général en raison du rayon fini du doublet [11];

$l_{\min}$ et $l_{\max}$ sont les longueurs des doublets présentant des longueurs minimales et maximales (c'est-à-dire que les doublets sont résonnants approximativement aux fréquences de fonctionnement supérieure et inférieure, respectivement);

$d_{\min}$ et $d_{\max}$ sont les distances entre les doublets des longueurs minimale et maximale et la terminaison de l'antenne, respectivement.

Pour les antennes hybrides, la position du centre de phase d_{phase} est déterminée à l'aide des informations fournies par le fabricant de l'antenne. Dans le cas où les informations sont fournies sous forme de tableau, le fabricant de l'antenne doit fournir d_{1f} pour la plage de fréquences de 100 MHz à 300 MHz avec un pas de fréquence maximal de 20 MHz.

Il est pris pour hypothèse dans l'Équation (8) que le point du champ est dans le champ lointain de l'antenne. Dans une situation de champ proche, généralement pour moins d'une demi-longueur d'onde, la mesure pour A_{APR} (voir l'Équation (3513) de la CISPR 16-1-4:2010/AMD1:2012:2019) prend en compte les effets du champ proche. Pour de plus amples informations, y compris les corrections pour les sections de LPDA coniques des antennes hybrides, voir 7.5.2.2 de la CISPR 16-1-6:2014 [2]. L'interpolation linéaire est utilisée pour estimer la position de centre de phase pour les fréquences entre les fréquences de résonance des éléments aux extrémités de la plage de fréquences de fonctionnement.

Si une correction de centre de phase n'est pas appliquée, elle doit être prise en compte dans le budget d'incertitude de l'instrumentation de mesure, conformément à la CISPR 16-4-2.

NOTE 2 Le laboratoire d'étalonnage de l'antenne peut fournir la correction d'amplitude de champ électrique pour des distances de mesure spécifiques (par exemple 3 m et 10 m) par des corrections équivalentes du facteur d'antenne pour ces distances.



7.3.2 Exigences relatives à l'emplacement d'essai

7.3.3 Méthode générale de mesure

La Figure 10 représente le concept des mesurages effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) avec des rayons directs et réfléchis par le sol arrivant sur l'antenne de réception.

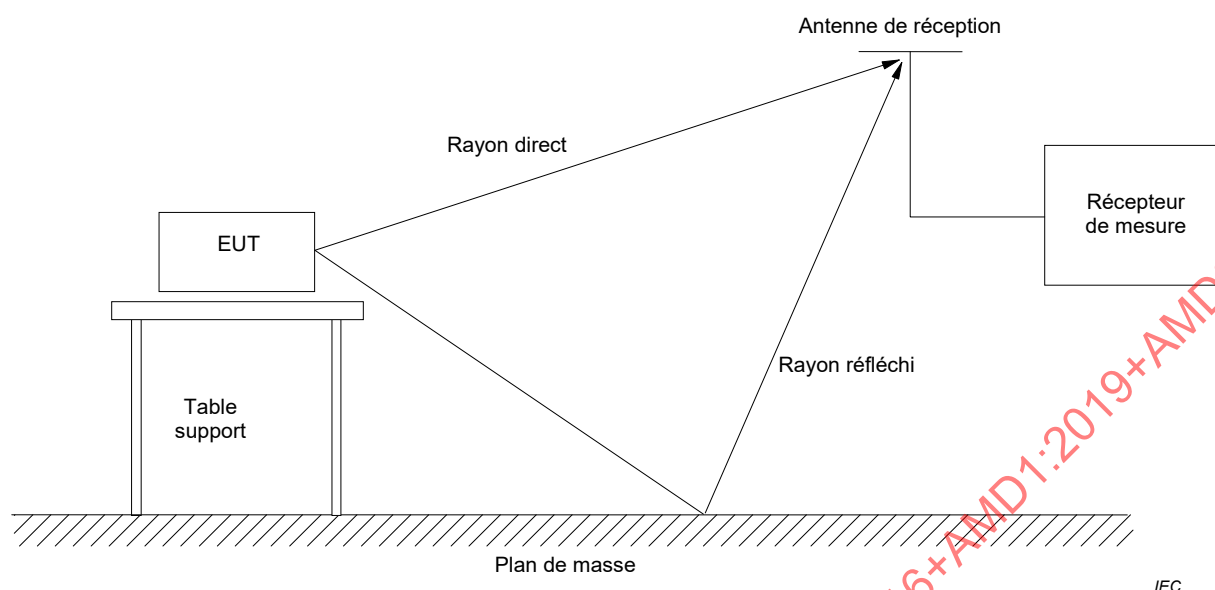


Figure 10 – Concept des mesurages de l'amplitude de champ électrique effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) représentant les rayons directs et réfléchis arrivant sur l'antenne de réception

L'EUT est installé à une hauteur spécifiée au-dessus du plan de masse. Il est configuré pour représenter des conditions normales de fonctionnement. L'antenne est placée à la distance de séparation spécifiée. Une rotation de l'EUT est effectuée dans le plan horizontal et la lecture maximale est consignée. La hauteur de l'antenne est réglée de manière que les rayons directs et réfléchis soient en phase ou approximativement en phase. Les étapes de la procédure sont interchangeable et peuvent nécessiter d'être répétées afin de déterminer la perturbation maximale. Pour des raisons d'ordre pratique, la variation de la hauteur est limitée; une parfaite addition en phase peut, par conséquent, ne pas être atteinte.

7.3.4 Distance de mesure

Il convient de mesurer un EUT soumis à une limite de perturbation rayonnée à une distance spécifiée à cette distance, à moins d'une impossibilité due à la taille du matériel, etc. La distance de mesure est la longueur de la projection entre le point de l'EUT le plus proche de l'antenne et le point de référence d'étalonnage de l'antenne sur le plan de masse. Si le point de référence de l'antenne n'est pas spécifié dans le rapport d'étalonnage de cette dernière, le point de référence pour les antennes log-périodiques est un point situé le long de la perche horizontale de l'antenne, à mi-chemin entre les éléments de l'antenne doublet, qui correspondent à une demi-longueur d'onde à la fréquence centrale de la plage de fréquences des antennes.

NOTE La fréquence centrale est définie par: $\lg(f_{\text{centre}}) = (\lg f_{\text{min}} + \lg f_{\text{max}})/2$; $f_{\text{centre}} = 10^{\lg(f_{\text{centre}})}$

Une distance de 10 m est préférable pour la plupart des emplacements en extérieur, dans la mesure où, à cette distance, le niveau attendu des perturbations mesurées est suffisamment supérieur au niveau général de bruit ambiant pour permettre une réalisation des essais qui soit efficace. Des distances inférieures à 3 m ou supérieures à 30 m ne sont généralement pas utilisées. Si une distance de mesure autre que la distance spécifiée est nécessaire, il convient d'extrapoler les résultats à l'aide des procédures spécifiées dans les normes de produits. Si aucune ligne directrice n'est donnée, une justification convenable pour l'extrapolation doit être fournie. En général, l'extrapolation ne suit pas une loi simple de fonction inverse de la distance.

Il convient, dans toute la mesure du possible, d'effectuer les mesurages en champ lointain. La région de champ lointain peut être définie par les conditions ci-dessous. La distance de mesure d est choisie de telle sorte que:

- a) ~~$d \geq \lambda/6$~~ $d \geq \lambda/(2\pi)$. À cette distance, $E/H = Z_0 = 120 \pi = 377 \Omega$, c'est-à-dire que les composantes d'amplitude de champs électrique et magnétique sont perpendiculaires les unes par rapport aux autres, et l'erreur de mesure est de l'ordre de 3 dB si l'EUT est considéré comme une antenne ~~doublet accordée~~ électriquement petite, où $D \ll \lambda$; ou
- b) $d \geq \lambda$, condition pour une onde plane, pour laquelle l'erreur est de l'ordre de 0,5 dB si l'EUT est considéré comme une antenne ~~doublet accordée~~ électriquement petite, où $D \ll \lambda$; ou
- c) ~~$d \geq 2D^2/\lambda$~~ $d \geq D^2/(2\lambda)$, où D est la plus grande dimension de l'EUT ou de l'antenne, qui détermine l'ouverture minimale pour l'illumination de l'EUT, qui s'applique aux cas dans lesquels $D \gg \lambda$ avec des écarts jusqu'à 1 dB; voir l'Annexe F pour de plus amples informations sur les effets du champ proche.

7.3.5 Variation de la hauteur d'antenne

Pour mesurer l'amplitude du champ électrique, la hauteur d'antenne doit varier au-dessus du plan de masse à l'intérieur d'une plage spécifiée afin d'obtenir une lecture maximale lorsque les rayons directs et réfléchis sont en phase. En règle générale, pour des distances de mesure inférieures ou égales à 10 m, la hauteur d'antenne, pour mesurer l'amplitude du champ électrique, doit varier entre 1 m et 4 m. À des distances supérieures jusqu'à 30 m, la hauteur doit varier de préférence entre 2 m et 6 m. Il peut s'avérer nécessaire d'ajuster la hauteur minimale de l'antenne au-dessus du sol à 1 m, afin de maximiser la lecture. Ces scrutations de la hauteur s'appliquent à la fois aux polarisations horizontale et verticale. Cependant, pour la polarisation verticale, la hauteur minimale doit être augmentée de sorte que le point le plus bas de l'antenne soit à au moins 25 cm de la surface au sol de l'emplacement d'essai.

7.3.6 Détails à fournir dans la spécification de produit

7.3.6.1 Généralités

Outre la spécification de la méthode de mesure détaillée et des paramètres de perturbation à mesurer, les normes de produits doivent inclure d'autres détails pertinents, exposés ci-dessous.

7.3.6.2 Environnement d'essai

L'influence de l'environnement d'essai doit être prise en compte afin d'assurer un fonctionnement correct de l'EUT. Les paramètres importants de l'environnement physique doivent être spécifiés, par exemple la température et l'humidité.

L'environnement électromagnétique nécessite une considération toute particulière afin d'assurer l'exactitude des mesurages de perturbation. Il convient que le bruit radioélectrique ambiant et les niveaux de signaux mesurés sur l'emplacement d'essai avec l'EUT hors tension soient au moins de 6 dB inférieurs à la limite. Il est admis que ceci n'est pas toujours réalisable à toutes les fréquences. Cependant, dans le cas où les niveaux mesurés des émissions de bruit radioélectrique ambiant plus celles de l'EUT ne sont pas supérieurs à la limite, l'EUT doit être considéré comme étant conforme à cette dernière. Pour des lignes directrices supplémentaires concernant les niveaux de bruit ambiant et les erreurs de mesure résultantes, se reporter à 6.2.2 et à l'Annexe A.

Si le niveau d'amplitude du champ ambiant à des fréquences s'inscrivant dans les plages de mesure spécifiées, à la distance de mesure spécifiée, dépasse la ou les limites, les solutions suivantes peuvent être appliquées pour démontrer la conformité de l'EUT:

- a) Effectuer les mesurages à une distance plus courte et extrapoler les résultats à la distance pour laquelle la limite est spécifiée. Extrapoler les résultats en utilisant l'une des méthodes suivantes:
- 1) déterminer L_2 correspondant à la distance de fermeture d_2 en appliquant la relation $L_2 = L_1(d_1/d_2)$, où L_1 est la limite spécifiée en $\mu\text{V/m}$ à la distance d_1 ;
NOTE Cette méthode d'extrapolation peut seulement être utilisée lorsque les deux valeurs d_1 et d_2 se situent dans la zone du champ lointain de l'EUT à toutes les fréquences de mesure.
 - 2) utiliser la formule comme recommandé par la norme de produit;
 - 3) déterminer la limite L_2 à une distance d_2 en appliquant une formule d'extrapolation vérifiée par des mesurages à au moins trois distances différentes.
- b) Dans les bandes de fréquences où les valeurs du bruit ambiant sont dépassées (valeurs mesurées supérieures à 6 dB au-dessous de la limite), les valeurs de perturbation de l'EUT peuvent être interpolées d'après les valeurs de perturbation adjacentes. La valeur obtenue par interpolation doit être sur la courbe représentant une fonction continue des valeurs de perturbation aux fréquences adjacentes au bruit ambiant.
- c) Effectuer les mesurages dans les bandes de fréquences critiques pendant les heures où les stations de radiodiffusion n'émettent pas et où les conditions ambiantes dues aux matériels industriels sont plus faibles.
- d) Comparer l'amplitude de la perturbation de l'EUT à la fréquence étudiée et l'amplitude de la perturbation sur des fréquences adjacentes, à l'intérieur d'une chambre blindée ou d'une chambre blindée à revêtement absorbant. L'amplitude de la perturbation du matériel en essai à la fréquence étudiée peut être estimée en mesurant l'amplitude de la perturbation de fréquence adjacente et en établissant une comparaison.
- e) Lors de l'orientation de l'axe d'un emplacement d'essai en espace libre, il est souhaitable de considérer les directions des signaux ambiants forts pour que l'orientation de l'antenne de réception sur l'emplacement discrimine ces signaux, dans la mesure du possible.
- f) Utiliser un appareil de mesure avec une bande plus étroite pour les perturbations à bande étroite de l'EUT proches d'un environnement électromagnétique RF, qui sont tous deux situés dans la largeur de bande normalisée.

7.3.6.3 Configuration du matériel en essai

Les conditions de fonctionnement et la configuration du matériel en essai (EUT) sont détaillées en 6.4.

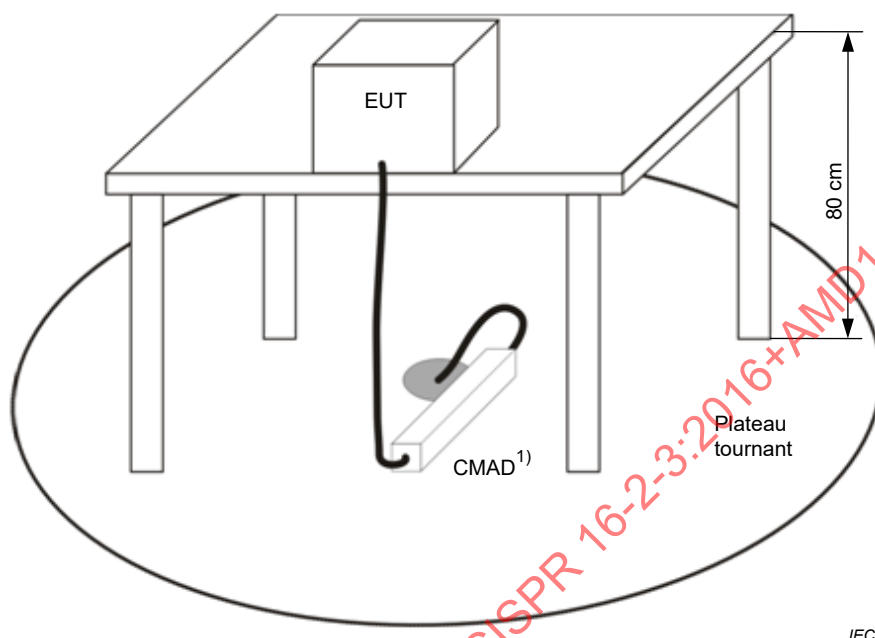
Des dispositifs d'absorption en mode commun (CMAD – common-mode absorption device) de type à pinces ferrites sont utilisés pour réduire l'influence des câbles à l'extérieur du volume d'essai sur les résultats de mesure des perturbations rayonnées. Si des CMAD sont utilisés, le câble quittant le volume d'essai doit entrer dans le CMAD au point où il atteint le plan de masse, comme présenté à la Figure 11. Le CMAD doit toujours être placé à plat sur le plan de masse. La partie du câble située entre le point de sortie du CMAD et le point de sortie du plateau tournant doit être conservée aussi petite que possible. Chaque câble doit être traité avec un CMAD distinct. Les câbles de diamètres supérieurs aux ouvertures des câbles des CMAD disponibles dans le commerce ne doivent pas être traités avec des CMAD.

Pour éviter une saturation, il convient de ne pas traiter les câbles de puissance pour courants en mode commun élevés (par exemple le port de sortie d'inverseurs) avec des CMAD, sauf si ces CMAD sont conçus spécifiquement pour des courants en mode commun élevés.

Pour des EUT comportant jusqu'à trois câbles quittant le volume d'essai, chaque câble doit être traité avec un CMAD pendant les mesurages des perturbations rayonnées. Cette exigence s'applique à n'importe quel type de câble (par exemple, des câbles de puissance, de télécommunication ou de commande). Pour une installation d'essai comportant plus de trois câbles quittant le volume d'essai, seuls les trois câbles sur lesquels l'émission la plus forte est prévue nécessitent d'être équipés de CMAD. Les câbles sur lesquels des CMAD ont été appliqués doivent figurer dans le rapport d'essai.

NOTE La limite du nombre de CMAD est examinée en [12]. Lors de la comparaison d'EUT de grande taille et de petite taille, ainsi que celle des EUT à un câble et à deux câbles, l'auteur en a conclu qu'un petit EUT comportant un seul câble quittant le volume d'essai constituait le cas le plus défavorable. L'étude de cet auteur a couvert l'application des CMAD aux matériels posés sur table comportant trois câbles ou moins.

Des informations générales sur le but et l'application des CMAD de type à ferrite figurent en 4.9.1 de la CISPR TR 16-3:2010 [3].



IEC

¹) Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4. Leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 11 – Position d'un CMAD pour un matériel posé sur table sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC)

7.3.7 Instrumentation de mesure

L'instrumentation de mesure, antennes comprises, doit être conforme aux exigences applicables de la CISPR 16-1-1 et de la CISPR 16-1-4.

7.3.8 Mesurages de l'amplitude de champ sur d'autres emplacements en extérieur

Les emplacements d'essai en extérieur similaires à l'emplacement d'essai en espace libre, mais sans plan de masse en métal peuvent être spécifiés pour certains produits, et ce, pour des raisons d'ordre pratique, par exemple les appareils ISM et les véhicules à moteur. Les dispositions de 7.3.4 à 7.3.7 doivent rester applicables.

7.3.9 Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1. Les aspects liés à l'incertitude, spécifiques aux mesurages des émissions rayonnées sur un OATS ou une SAC (30 MHz à 1 GHz), sont mentionnés dans la CISPR 16-4-2.

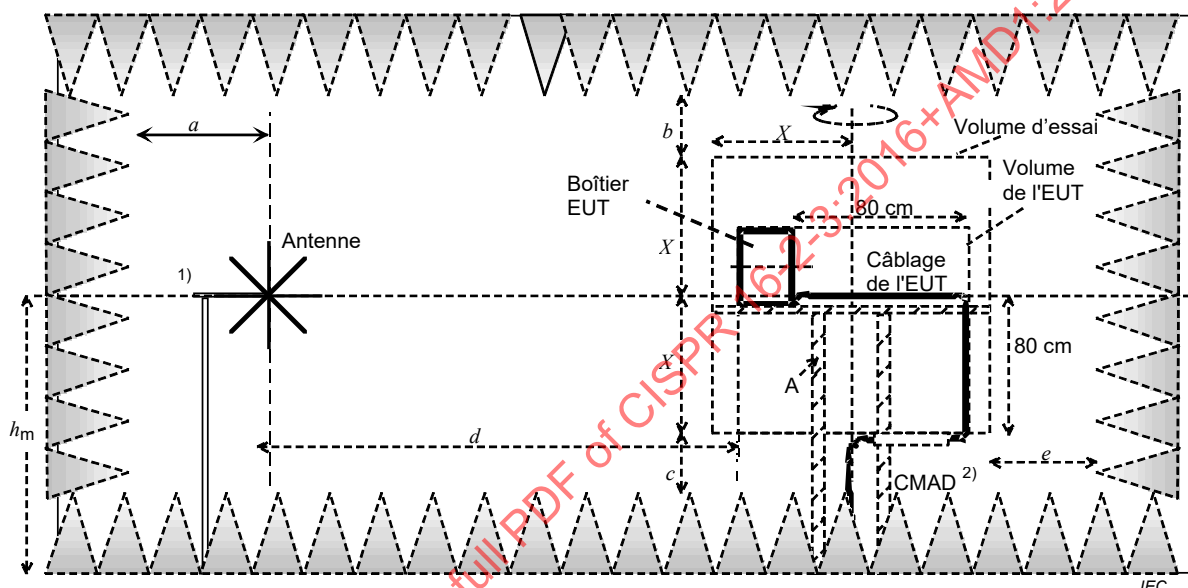
7.4 Mesurages en enceinte complètement anéchoïque (30 MHz à 1 GHz)

7.4.1 Installation d'essai et géométrie de l'emplacement

Le type d'antenne utilisé pour les essais d'émission de l'EUT doit être le même que celui de l'antenne de réception utilisée pour les essais de validation de l'enceinte complètement anéchoïque (FAR). La hauteur de l'antenne est fixée au milieu géométrique de la hauteur du

volume d'essai. Les mesurages sont effectués avec les polarisations horizontale et verticale de l'antenne de réception. Il convient de mesurer l'émission pendant la rotation du plateau tournant dans au moins trois positions successives en azimut (0° , 45° , 90°) de l'EUT, lorsqu'une rotation continue n'est pas exigée. La Figure 12 présente la géométrie type d'une FAR, avec les dimensions correspondantes.

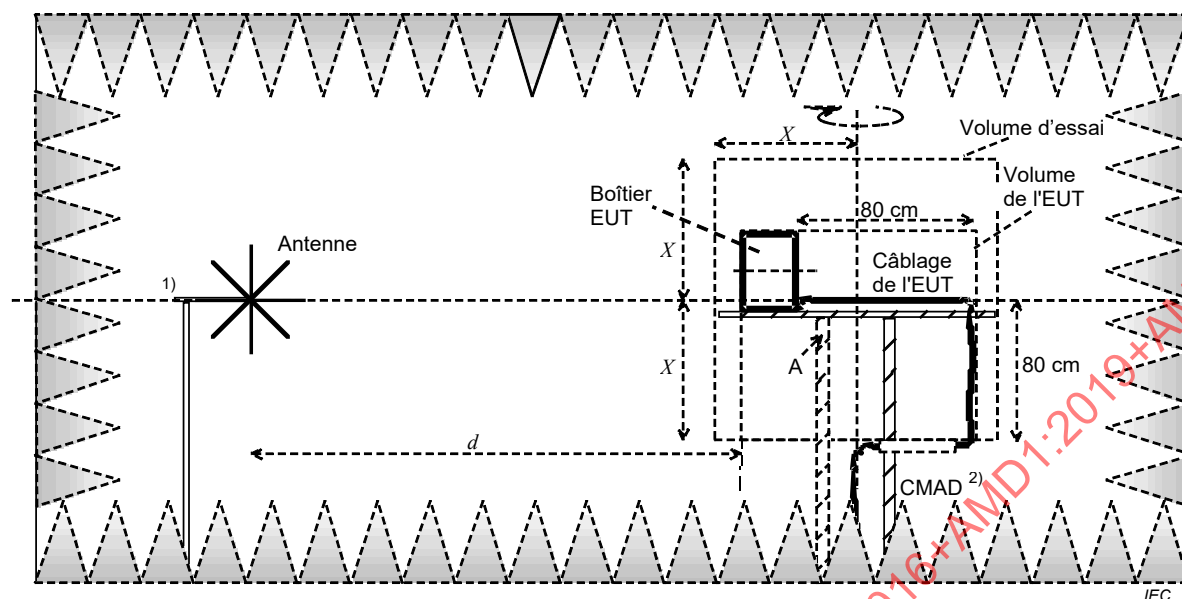
L'EUT doit être placé sur un plateau tournant. Les Figures 12, 13 et 14 expliquent les différentes dimensions à l'intérieur de la FAR. Le plateau tournant, le mât d'antenne et le plancher d'appui doivent être en place pendant la procédure de validation de l'emplacement, et sont constitués en grande partie de matériau transparent aux ondes électromagnétiques. Les distances a , b , c et e peuvent être limitées par les dimensions du volume d'essai. Le niveau du plan inférieur (hauteur de l'absorbeur plus c) est le niveau pour les matériels posés au sol (la hauteur de la palette de transport n'est pas comprise dans le volume d'essai).



Légende:

A	plateau tournant et fixation du support de l'EUT;
2X	1,5 m, 2,5 m, 5 m – correspond à la distance d'essai utilisée (3 m, 5 m ou 10 m, respectivement);
h_m	milieu du volume d'essai;
a, b, c, e	$\geq 0,5$ m recommandé (≥ 1 m est plus pratique), la valeur réelle est cohérente avec la procédure de validation de la FAR, définie dans la CISPR 16-1-4;
d	3 m, 5 m, ou 10 m.
- 1) Les dispositions de l'antenne et du câble doivent être validées ensemble et utilisées dans la même configuration pendant l'essai de l'EUT. L'antenne ainsi que le câble peuvent devoir être déplacés pour être conformes à la distance d'essai exigée au cours de l'essai de l'EUT.
- 2) Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4. Leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 12 – Géométrie type d'une enceinte complètement anéchoïque, où a , b , c , e dépendent des performances de l'enceinte



Légende:

A plateau tournant et fixation du support de l'EUT;

$2X$ 1,5 m, 2,5 m, ou 5 m;

d 3 m, 5 m ou 10 m (pour une distance d'essai de 3 m, 5 m ou 10 m, respectivement).

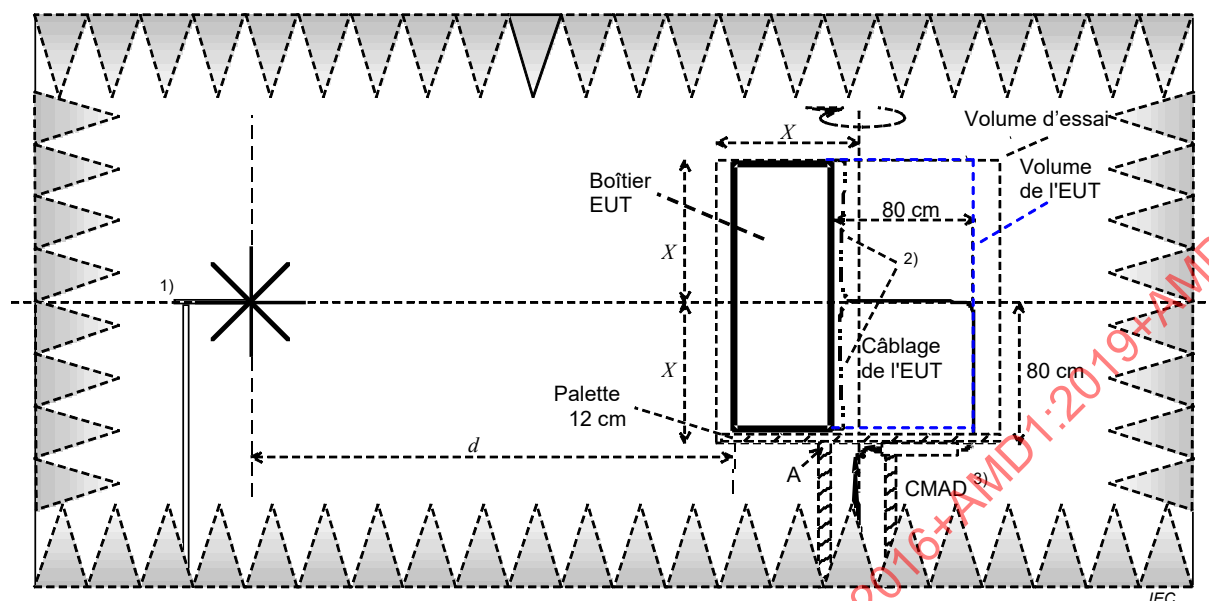
1) La disposition du câble d'antenne doit être la même que pendant la procédure de validation de l'emplacement (voir Figure 12).

2) Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4. Leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 13 – Installation type d'essai pour un matériel posé sur table dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque

La distance d'essai est mesurée à partir du point de référence de l'antenne jusqu'à la limite de l'EUT. S'il existe une différence entre le point de référence sur une antenne et le centre de phase, un facteur de correction peut être appliqué pour obtenir l'amplitude du champ à la distance d'essai.

Pour une fréquence donnée, la correction ΔE en dB dans l'Équation (8) doit être ajoutée à l'amplitude du champ électrique mesurée afin de réduire son incertitude. La correction de l'amplitude du champ électrique est appliquée pour tenir compte de la correction du centre de phase des antennes LPDA et de la partie log-périodique des antennes hybrides.



Légende:

- A plateau tournant et fixation du support de l'EUT
- 2X 1,5 m, 2,5 m, ou 5 m
- d 3 m, 5 m ou 10 m pour une distance d'essai de 3 m, 5 m ou 10 m, respectivement

La palette de 12 cm (10 cm à 14 cm) est un compromis entre un plan de masse métallique et un plan de masse en bois.

- 1) La disposition du câble d'antenne doit être la même que pendant la procédure de validation (voir Figure 12).
- 2) La disposition des câbles dépend de la position de leurs prises de sortie et doit être proche de la surface du boîtier.
- 3) Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4. Leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 14 – Installation type d'essai pour un matériel posé au sol dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque

7.4.2 Position de l'EUT

La Figure 13 et la Figure 14 présentent respectivement les installations d'essai dans une FAR pour des EUT types posés sur table et posés au sol. L'EUT doit être configuré, installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. L'ensemble de l'EUT doit être compris dans le volume d'essai. Le matériel associé, qui est exigé pour le bon fonctionnement de l'EUT sans toutefois en faire partie, doit être placé à l'extérieur de la chambre blindée.

Les câbles d'interface doivent être reliés à chaque type d'accès d'interface de l'EUT. Si l'EUT est constitué de dispositifs séparés, l'espacement entre les dispositifs doit être celui de la configuration normale, mais si possible de 10 cm. Les câbles d'interconnexion doivent être repliés en faisceau. Le faisceau doit avoir une longueur de 30 cm à 40 cm et doit être longitudinal au câble.

Pour améliorer la répétabilité de mesure, les lignes directrices suivantes doivent être prises en compte:

- a) L'EUT (y compris la disposition des câbles conformément à 7.4.3) doit être placé de sorte que son centre soit à la même hauteur que le centre du volume d'essai. Un support non conducteur de hauteur appropriée peut être utilisé dans ce but.
- b) Lorsqu'il n'est pas physiquement possible de surélever un EUT de grande dimension jusqu'au centre du volume d'essai (Figure 12 et Figure 13), l'EUT peut rester sur une palette de transport non conductrice pendant l'essai (Figure 14). La hauteur de la palette doit être consignée dans le rapport d'essai.

Les spécifications d'installation pour certains matériels posés au sol exigent que l'unité soit installée et fixée directement sur un sol conducteur. Les éléments suivants s'appliquent aux essais des matériels posés au sol dans une FAR: si des résultats d'essai obtenus dans une FAR avec des matériels posés au sol destinés à être installés et fixés directement sur un sol conducteur révèlent une non-conformité avec une limite d'émission applicable aux emplacements d'essai dans une FAR, les émissions réelles peuvent être inférieures si l'EUT est mesuré sur un plan de masse qui simule mieux l'environnement de l'installation finale. Ceci est particulièrement vrai pour des émissions dont la fréquence est inférieure à 200 MHz, en polarisation horizontale et si la source d'émissions se situe en un point du matériel qui correspondrait à une hauteur au-dessus du sol de 0,4 m ou moins dans une installation type. Il est recommandé au lecteur de procéder à une investigation supplémentaire dans un environnement d'essai avec plan de masse (c'est-à-dire un emplacement d'essai en espace libre ou une chambre semi-anéchoïque) simulant mieux les conditions prévues pour l'installation finale du matériel, avant de déterminer une non-conformité sur la base de mesurages dans une FAR.

7.4.3 Disposition et terminaison des câbles

Dans les essais de CEM, la reproductibilité des résultats de mesure est souvent mauvaise à cause des différences de disposition et de terminaison des câbles, lorsqu'un même EUT est mesuré sur des emplacements d'essai différents. Les points suivants constituent des conditions générales pour l'installation d'essai afin de fournir une bonne reproductibilité (voir Figure 13 et Figure 14). De façon idéale, il convient que tous les rayonnements à mesurer proviennent du seul volume d'essai. Les câbles utilisés pendant l'essai doivent être conformes aux spécifications du fabricant. L'EUT peut utiliser des câbles sans terminaison si les câbles avec terminaisons ne sont pas disponibles. Les spécifications des câbles et des terminaisons utilisés pendant les essais doivent être clairement décrites dans le rapport d'essai.

- a) Les câbles connectés à l'EUT et aux matériels auxiliaires ou à l'alimentation doivent comporter un trajet horizontal de 0,8 m et un trajet vertical de 0,8 m (sans aucun faisceau) à l'intérieur du volume d'essai (voir Figure 8 et Figure 14). Toute longueur de câble supérieure à 1,6 m, avec une tolérance relative de $\pm 5\%$, doit être acheminée à l'extérieur du volume d'essai.
- b) Si le fabricant spécifie une longueur de câble inférieure à 1,6 m, alors, et dans toute la mesure du possible, le câble doit être orienté de telle sorte que la moitié de sa longueur soit horizontale et l'autre moitié verticale, dans le volume d'essai.
- c) Les câbles qui ne sont pas utilisés pendant l'essai, par l'intermédiaire d'un matériel associé, doivent comporter une terminaison appropriée:
 - 1) les câbles coaxiaux (blindés) avec une terminaison coaxiale d'impédance correcte ($50\ \Omega$ ou $75\ \Omega$);
 - 2) les câbles blindés avec plus d'un conducteur intérieur doivent avoir des terminaisons en mode commun (entre phase et masse ou terre de référence) et en mode différentiel (entre phases), conformément aux spécifications du fabricant;
 - 3) les câbles non blindés doivent avoir des terminaisons en mode différentiel et en mode commun, conformément aux spécifications du fabricant.
- d) Si l'EUT nécessite un matériel associé pour fonctionner correctement, une attention particulière doit être portée afin qu'aucune émission de ce matériel ne puisse influencer le mesurage de rayonnement. Le matériel associé doit être placé dans toute la mesure du

possible à l'extérieur de la chambre blindée. Des mesurages doivent être effectués concernant les fuites RF entrant dans la FAR par les câbles d'interconnexion.

- e) L'installation d'essai, y compris la disposition des câbles et les informations détaillées sur les terminaisons et les câbles raccordés, est spécifiée dans les différentes normes de produits.
- f) Des CMAD de type à pinces ferrites sont utilisés pour réduire l'influence des câbles à l'extérieur du volume d'essai sur les résultats de mesure des perturbations rayonnées. Le câble quittant le volume d'essai doit entrer dans le CMAD au point où il atteint le fond du volume d'essai (plateau tournant), comme représenté aux Figures 12, 13 et 14. Chaque câble doit être traité avec un CMAD distinct. Les câbles de diamètres supérieurs aux ouvertures des câbles des CMAD disponibles dans le commerce ne nécessitent pas d'être traités avec des CMAD.

Pour éviter une saturation, il convient de ne pas traiter les câbles de puissance pour courants en mode commun élevés (par exemple le port de sortie d'inverseurs) avec des CMAD, sauf si ces CMAD sont conçus spécifiquement pour des courants en mode commun élevés.

Pour des EUT comportant jusqu'à trois câbles quittant le volume d'essai, chaque câble doit être traité avec un CMAD pendant les mesurages des perturbations rayonnées. Ces exigences s'appliquent à n'importe quel type de câble (par exemple, des câbles de puissance, de télécommunication ou de commande). Pour une installation d'essai comportant plus de trois câbles quittant le volume d'essai, seuls les trois câbles sur lesquels l'émission la plus forte est prévue doivent être équipés de CMAD. Les câbles sur lesquels des CMAD ont été appliqués doivent figurer dans le rapport d'essai.

Des informations générales sur le but et l'application des CMAD de type à ferrite figurent en 4.9.1 de la CISPR TR 16-3 [2].

Compte tenu de la nature différente du grand nombre possible d'EUT différents, les normes de produits peuvent présenter des différences importantes par rapport aux exigences du présent paragraphe (par exemple 10.5 de la CISPR 22:2008 [4]).

7.4.4 Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1. Les conditions d'utilisation de méthodes d'essai alternatives sont spécifiées dans la CISPR 16-4-5. Un exemple de budget d'incertitude pour un mesurage des émissions à une distance de 3 m dans une FAR est donné dans la CISPR 16-4-2.

7.5 Méthode de mesure des émissions rayonnées (de 30 MHz à 1 GHz) et méthode d'essai d'immunité aux rayonnements (de 80 MHz à 1 GHz) avec une installation d'essai commune en chambre semi-anéchoïque

7.5.1 Applicabilité

Comme alternative aux différentes installations d'essai pour les essais d'émissions rayonnées et les essais d'immunité aux rayonnements, les essais relatifs aux deux exigences peuvent être effectués, à la discrétion des comités de produits, en utilisant une configuration commune de l'EUT, conformément aux dispositions du présent article. L'installation d'essai décrite dans le présent article est applicable lorsque les essais d'émissions rayonnées et les essais d'immunité de l'EUT utilisant la même configuration et la même installation d'essai sont techniquement justifiés. Cette installation d'essai est considérée comme tout particulièrement applicable aux matériels en essai de configuration simple, par exemple, des enveloppes simples, des combinaisons de petites enveloppes ou moins de cinq câbles raccordés à l'EUT. Cette installation d'essai alternative est autorisée pour les EUT dont les normes de produits pour les émissions autorisent la réalisation d'essais d'émissions rayonnées à une distance de séparation de 3 m.

L'essai d'immunité aux rayonnements peut être réalisé avec du matériau absorbant placé sur des parties du plan de masse, entre l'EUT et l'antenne émettrice, si cela est nécessaire afin d'assurer l'uniformité du champ, comme décrit dans l'IEC 61000-4-3 (c'est-à-dire une SAC à revêtement absorbant, analogue à un OATS à revêtement absorbant). Dans le cas des mesurages d'émissions, les caractéristiques normalisées d'affaiblissement de l'emplacement de la SAC, sans plan de masse en revêtement absorbant, doivent satisfaire aux exigences de la CISPR 16-1-4.

7.5.2 Définition du périmètre de l'EUT et distance de séparation antenne-EUT

Les essais d'émissions rayonnées et d'immunité doivent être effectués avec l'antenne de réception ou d'émission située à une distance horizontale de 3 m augmentée de la moitié de la largeur maximale de l'EUT, mesurée depuis le centre de l'EUT. Le point de référence de l'antenne utilisé lors de la détermination de sa distance par rapport à l'EUT est le point de référence identifié. Cependant, si le point de référence n'est pas spécifié, il correspond à un point situé le long de la perche horizontale de l'antenne, à mi-chemin entre les éléments de l'antenne doublet qui correspondent à une demi-longueur d'onde des limites de fréquences supérieure et inférieure à évaluer.

NOTE Pour une antenne log-périodique, le fabricant peut spécifier le point de référence.

Pour une fréquence donnée, la correction ΔE en dB dans l'Équation (8) est ajoutée à l'amplitude du champ électrique mesurée afin de réduire son incertitude. La correction de l'amplitude du champ électrique est appliquée pour tenir compte de la correction du centre de phase des antennes LPDA et de la partie log-périodique des antennes hybrides. Si une correction de centre de phase n'est pas incluse, elle doit être prise en compte dans le budget d'incertitude. Voir 7.3.1 pour de plus amples informations.

Le périmètre de l'EUT est défini par le plus petit rectangle virtuel (imaginaire) qui englobe l'EUT. Tous les câbles intersystème doivent être inclus à l'intérieur de ce périmètre (voir Figure 15). Chacun des bords de ce périmètre doit s'appuyer sur l'une des quatre faces planes de l'EUT, et être coplanaire (et, si possible, inclus à l'intérieur) aux zones de champ uniforme (UFA – uniform field area) étalonnées pour les essais d'immunité, en fonction de la distance d'essai horizontale.

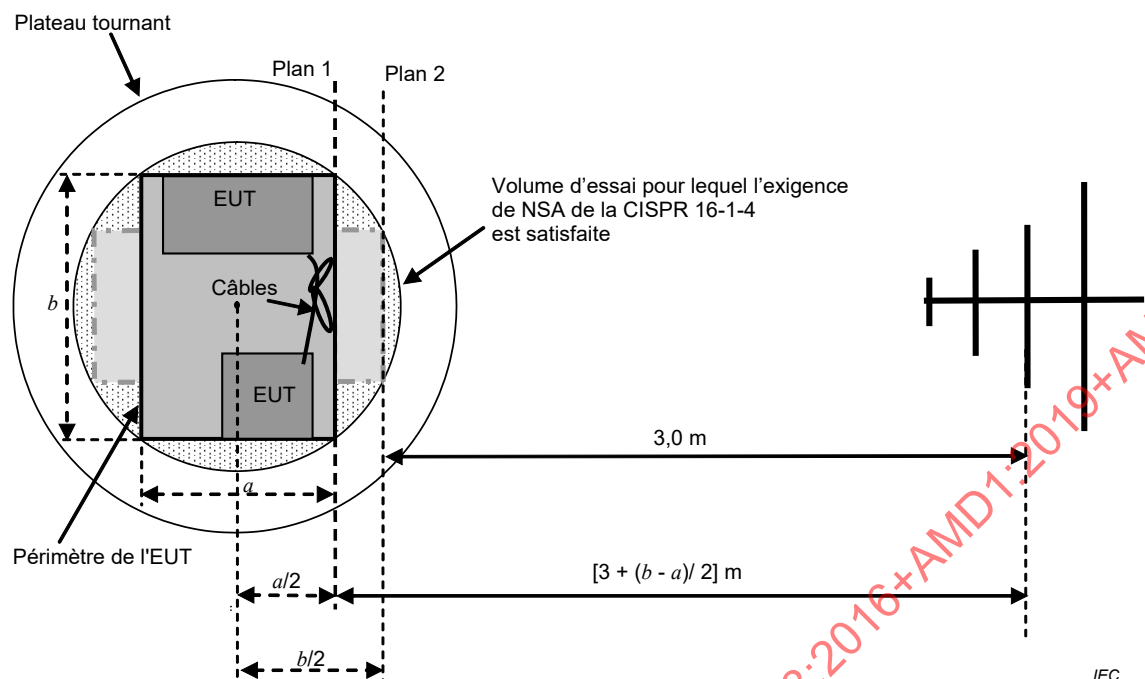


Figure 15 – Positions des plans de référence pour l'étalonnage du champ uniforme (vue de dessus)

7.5.3 Volume d'essai uniforme

Le volume d'essai uniforme est défini par les conditions suivantes:

- L'EUT et son matériel auxiliaire (AuxEq) (par exemple, périphériques et câbles) doivent tenir à l'intérieur d'un volume d'essai pour lequel les exigences de validation d'emplacement de la CISPR 16-1-4 sont satisfaites. Se référer à la procédure de validation des emplacements d'essai alternatifs pour les mesurages des émissions de la CISPR 16-1-4;
- L'EUT et son matériel auxiliaire (AuxEq) doivent tenir à l'intérieur d'un volume d'essai qui permet d'aligner chacune des faces du matériel en essai et de son AuxEq avec la zone de champ uniforme conformément aux exigences de l'IEC 61000-4-3 et comme décrit dans le présent paragraphe.

L'évaluation des EUT ayant des limites inégales ou non symétriques à deux distances de séparation d'antenne nécessite des étalonnages de la zone de champ uniforme conformément aux exigences de l'IEC 61000-4-3. Dans l'exemple représenté à la Figure 15, ceci se situe au plan avec la longueur b le long de la face avant du matériel en essai (azimut 0°) et au plan de longueur a le long de la face latérale de l'EUT (azimut 90°).

Pour loger des EUT d'une largeur maximale de 1,5 m, la zone de champ uniforme peut être étalonnée en suivant les deux conditions ci-dessous:

- dans un plan orthogonal à l'axe de l'antenne passant par le centre du plateau tournant;
- dans un plan orthogonal à l'axe de l'antenne à 0,75 m en avant du centre du plateau tournant, perpendiculairement à l'axe de mesure.

Une interpolation linéaire peut être réalisée pour soumettre à l'essai un EUT dont la face exposée se situe entre les deux zones de champ uniforme étalonnées. Les hypothèses suivantes sont formulées:

- le critère compris entre -0 dB et $+6$ dB est satisfait pour le nombre de points défini par l'IEC 61000-4-3 pour chacune des deux surfaces, et

- les amplitudes de champ moyennes des points satisfaisant au critère -0 dB à +6 dB dans les deux zones de champ uniforme sont inversement proportionnelles à la distance entre l'antenne et la zone de champ uniforme lorsqu'une puissance incidente constante est appliquée à l'antenne.

Désigner P_{c1} comme la puissance incidente (échelle logarithmique) pour la zone de champ uniforme au centre du plateau tournant, évaluée soit par l'étalonnage avec une amplitude de champ constante, soit par la méthode d'étalonnage à puissance constante, et désigner P_{c2} comme la puissance incidente correspondante pour la zone de champ uniforme, à 0,75 m en avant du centre du plateau tournant. La puissance incidente exigée pour illuminer la surface d'un EUT peut être calculée par l'interpolation linéaire de P_{c1} et P_{c2} et les distances à l'antenne correspondantes (également en échelle logarithmique). Se référer à 6.2 de l'IEC 61000-4-3:2006, Étalonnage du champ, pour des détails et des descriptions supplémentaires relatifs aux mesurages.

Pour des variations de dimensions de périmètre d'un EUT inférieures ou égales à 20 % de la distance de séparation de 3 m (soit 0,6 m ou moins), un seul étalonnage de la zone de champ uniforme est exigé à la distance de séparation correspondant au Plan 1 de la Figure 15 (la face la plus large du matériel en essai).

NOTE Lorsque la méthode décrite dans l'alinéa ci-dessus est utilisée, deux faces de l'EUT sont soumises à l'essai à un niveau d'amplitude de champ d'immunité supérieur, du fait de leur distance plus proche de l'antenne émettrice.

Le périmètre de l'EUT, incluant les câbles de connexion, doit tenir à l'intérieur du volume d'essai pour lequel l'exigence de validation d'emplacement est satisfaite. Pour les montages communs d'émission/immunité, l'installation doit être étalonnée selon deux plans verticaux correspondant aux dimensions minimale et maximale du périmètre de l'EUT à des angles de 0°, 90°, 180° et 270° par rapport aux faces de l'EUT. Les types de matériels à soumettre à l'essai dans l'installation peuvent être pris en compte pour la sélection de l'emplacement des deux plans.

Si des absorbants au sol sont utilisés pour obtenir le critère d'uniformité du champ, ces derniers doivent être placés entre l'antenne émettrice et le Plan 2. Si un seul plan est étalonné (c'est-à-dire pour un EUT ayant une différence entre les deux dimensions limites inférieure à 0,6 m), les absorbeurs au sol, lorsqu'ils sont utilisés, doivent être placés entre l'antenne émettrice et le plan étalonné.

7.5.4 Spécifications pour les installations d'essai communs pour les essais d'émissions/immunité de l'EUT

Les essais doivent être effectués avec le matériel configuré de manière aussi proche que possible de son mode type de fonctionnement pratique. Sauf indication contraire, les câbles et les conducteurs doivent être tels que spécifiés par le fabricant et le matériel doit être placé dans son support (ou enceinte) avec tous les couvercles et panneaux d'accès en place. Tout écart par rapport aux conditions normales de fonctionnement de l'EUT doit être consigné dans le rapport d'essai. Les spécifications de 7.3.6.3 s'appliquent. L'EUT (sur une structure d'appui non conductrice, le cas échéant) doit être placé sur un plateau tournant télécommandé, comme spécifié en 7.3.6.3, afin de permettre une rotation de l'EUT.

La hauteur de l'EUT au-dessus du plan de masse doit être définie conformément aux exigences suivantes:

- un matériel posé sur table est placé sur une table d'essai non conductrice d'une hauteur de $0,8 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$, voir 7.3.6.3. La CISPR 16-1-4 spécifie la méthode à utiliser pour déterminer l'impact de la table d'essai non conductrice sur les résultats d'essai;
- un matériel posé au sol est placé sur un support non conducteur, comme spécifié dans la norme de produit applicable. Si la norme de produit ne comporte aucune exigence de positionnement en hauteur de l'EUT, ce dernier doit être placé sur un support non conducteur à une hauteur de 5 cm à 15 cm au-dessus du plan de masse.

Les matériels conçus pour être montés en saillie sur un mur doivent être soumis à l'essai comme des matériels posés sur table. L'orientation du matériel en essai doit correspondre à celle en fonctionnement normal (c'est-à-dire position conforme à une installation normale).

Il convient de raccorder les câbles, charges et dispositifs d'interface à au moins un des accès d'interface de chaque type de l'EUT et, lorsque la pratique le permet, chaque câble doit être raccordé à un dispositif caractéristique de son utilisation réelle. Lorsqu'il existe plusieurs accès d'interface du même type, un nombre représentatif de ces dispositifs doit être raccordé à des dispositifs ou à des charges. Il suffit de ne connecter qu'une seule des charges, à condition de pouvoir démontrer, par exemple par un essai préliminaire, que le raccordement d'accès supplémentaires n'augmenterait pas de manière significative le niveau de perturbation (c'est-à-dire de plus de 2 dB) ou ne dégraderait pas de manière significative le niveau d'immunité. Les justifications concernant la configuration et la charge des accès doivent être consignées dans le rapport d'essai.

Il convient de limiter le nombre de câbles supplémentaires à la condition que l'ajout d'un autre câble ne diminue pas de manière significative (2 dB par exemple) la marge par rapport à la limite. Dans certains cas, la configuration optimale des éléments, charges, types d'interfaces et câbles s'avère différente pour les essais d'émissions et d'immunité, ce qui peut donner lieu à une reconfiguration nécessaire de l'EUT à l'intérieur de la configuration uniforme de ce dernier.

La disposition et les terminaisons des câbles doivent être conformes aux exigences suivantes:

- Les câbles doivent être orientés de manière à ne pas exclure les champs de rayonnement polarisés horizontalement et verticalement. Les règles de disposition et de longueur des câbles définies dans les normes de produits applicables pour les émissions et l'immunité doivent être appliquées. Toutefois, dans le cas d'exigences contradictoires, la disposition et la longueur maximale des câbles définies dans la norme de produit pour les émissions doivent être utilisées. Ces règles peuvent être respectées par l'utilisation des règles de positionnement des câbles édictées dans la norme relative aux émissions, et par l'exposition d'une longueur minimale de 1 m de câble, avec une combinaison de parties horizontales ou verticales, au champ électromagnétique pendant les essais d'immunité (à moins que les spécifications du fabricant n'exigent des câbles plus courts). Il convient de disposer en faisceau les longueurs de câbles en excès, approximativement au milieu de la longueur du câble, afin de former un faisceau de 30 cm à 40 cm de long. Si la norme de produit pour les émissions ne contient aucune information concernant la disposition des câbles, la configuration suivante est appliquée:
 - Pour un EUT posé sur table (Figure 16 et Figure 17), les câbles quittant le volume d'essai uniforme (c'est-à-dire ceux qui connectent l'EUT à l'environnement extérieur) doivent être exposés au champ électromagnétique comme représenté à la Figure 16 et à la Figure 17 sur une longueur totale de 1 m ($\pm 0,1$ m), puis étendus verticalement vers le sol (avec une longueur minimale de 0,8 m imposée par la hauteur de la table sur laquelle repose l'EUT). Les câbles d'interconnexion qui pendent de la table doivent être à une distance minimale de 0,4 m ($\pm 0,04$ m) du plan de masse. Si les câbles qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse ne peuvent pas être raccourcis à la longueur appropriée, la longueur de câble en excès doit être repliée dans un sens et dans l'autre, pour former un faisceau de 30 cm à 40 cm de long. Si pour certains câbles la longueur maximale déclarée par le fabricant ne permet pas une disposition horizontale de 1 m de câble, incluant une longueur suffisante pour atteindre le plan de masse pour les produits posés sur table (placés sur une table haute de 0,8 m), la disposition horizontale doit dépendre de la longueur de câble de 0,8 m en excès. La disposition en faisceau n'est pas exigée.
 - Pour un EUT posé au sol (Figure 18 et Figure 19), les câbles quittant le volume d'essai uniforme doivent être disposés avec une longueur minimale de 0,3 m placée horizontalement à l'intérieur du volume d'essai, et avec une longueur disposée verticalement conformément à une utilisation normale type (selon la hauteur des accès E/S au-dessus du sol). Les câbles horizontaux doivent être isolés des plans de masse

par une hauteur minimale de 10 cm sur toute la longueur de câble qu'il est prévu d'étendre au sol.

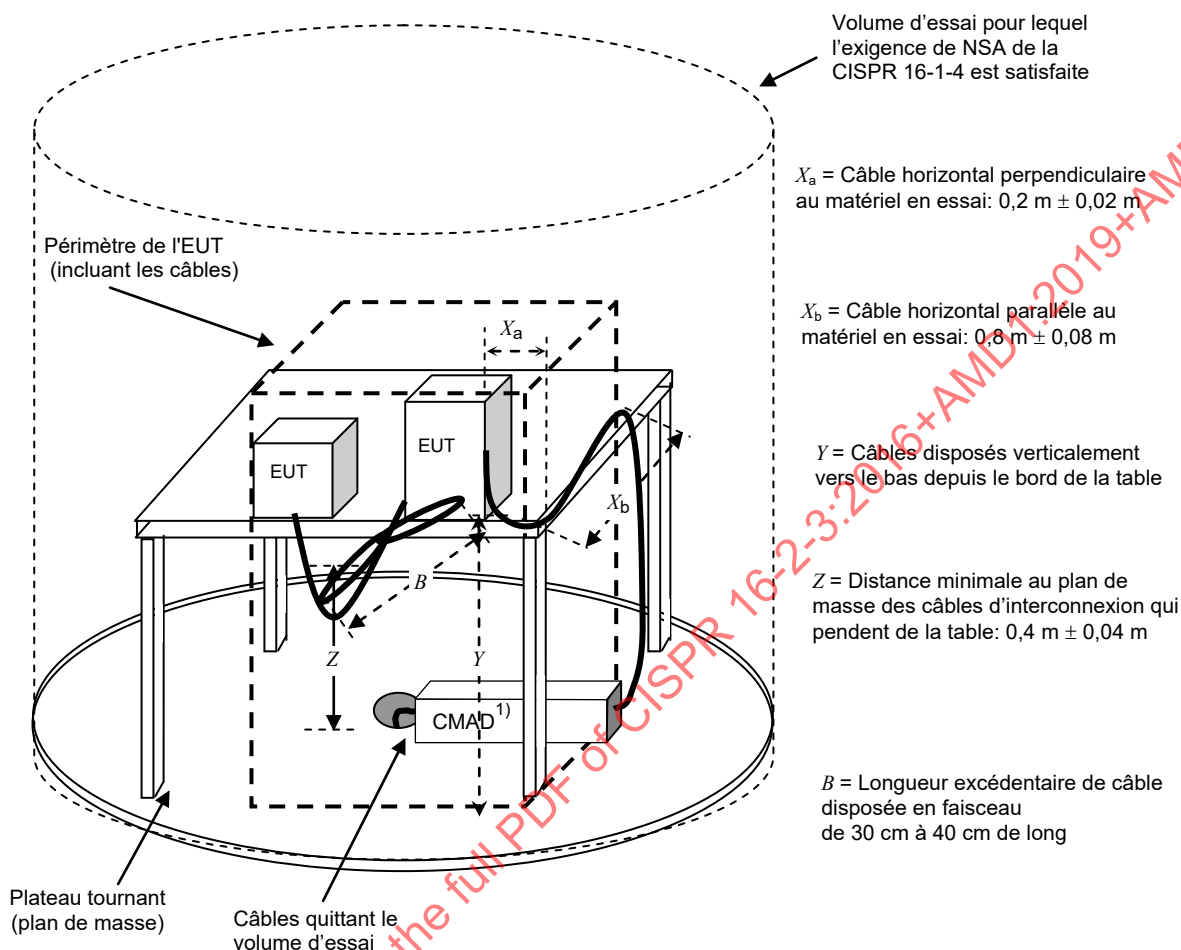
Le câblage entre les enveloppes de l'EUT doit être considéré comme suit:

- Les types de câblages et les connecteurs spécifiés par le fabricant doivent être utilisés.
- Si les spécifications du fabricant exigent une longueur de câble inférieure ou égale à 3 m, alors la longueur spécifiée doit être utilisée. Les câbles doivent être exposés sur une longueur de 1 m ($\pm 0,1$ m) et la longueur en excès doit être pliée dans un sens et dans l'autre, pour former un faisceau de 30 cm à 40 cm de long pour les matériels posés sur table (voir Figures 16 et 17) et approximativement de 1 m pour les matériels posés au sol (voir Figures 18 et 19).
- Si la longueur spécifiée est supérieure à 3 m ou n'est pas spécifiée, alors la longueur éclairée doit être de 1 m. Les longueurs de câbles en excès doivent être étendues à l'extérieur du volume d'essai.
- Les combinaisons d'EUT posés sur table et d'EUT posés au sol doivent être agencées selon le montage de chaque matériel individuel, et les câbles d'interconnexion entre les matériels posés sur table et les matériels posés au sol doivent se conformer à ces règles.
- Pour les câbles non raccordés à un matériel auxiliaire, il convient de simuler les terminaisons en mode différentiel et en mode commun pour représenter le matériel auxiliaire qui serait connecté aux câbles et représenterait l'impédance fonctionnelle exigée.
- Les terminaisons des câbles non raccordés à un autre dispositif peuvent se présenter comme suit (voir également 7.3.6.3).
 - Les câbles coaxiaux blindés doivent être terminés par une terminaison coaxiale (généralement 50 Ω ou 75 Ω).
 - Il convient que les câbles blindés avec plus d'un conducteur intérieur comportent des terminaisons en mode commun et en mode différentiel conformément aux spécifications du fabricant de l'EUT. Cette terminaison en mode commun doit être raccordée de manière appropriée entre les conducteurs intérieurs ou leur terminaison en mode différentiel et le blindage du câble. Si aucune information n'est disponible concernant les terminaisons en mode commun, il convient d'utiliser des terminaisons en mode commun de 150 Ω .
 - Les câbles non blindés doivent avoir une terminaison en mode différentiel, conformément aux spécifications du fabricant.
 - Il convient que tous les câbles qui ont été raccourcis par rapport à leur longueur maximale déclarée par le fabricant et fournis avec des terminaisons artificielles pour des raisons de commodité des essais, conformément au présent alinéa, soient également équipés de terminaisons supplémentaires en mode commun de 150 Ω avec la paroi ou le sol de la chambre d'essai.

Il convient de prendre en considération les éléments suivants avec ceux de 7.3.6.3.

- Si l'EUT nécessite un matériel associé (AE) pour fonctionner correctement, une attention particulière doit être portée afin de s'assurer que l'AE n'affecte ni les mesurages d'émissions rayonnées, ni les essais d'immunité aux rayonnements. L'AE peut être situé à l'extérieur de la chambre anéchoïque pendant les essais si des interfaces de raccordement appropriées sont disponibles sur le blindage de la chambre. Des mesurages préventifs contre les fuites RF à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre anéchoïque à travers le câble d'interconnexion peuvent s'avérer nécessaires.
- Les autres méthodes ou matériels utilisés pour supprimer les émissions indésirables des AE doivent être situés à l'extérieur de la chambre d'essai ou en dessous du faux plancher.
- L'installation d'essai, incluant la disposition des câbles, les spécifications des câbles raccordés et de leurs terminaisons, l'utilisation d'un ou de plusieurs CMAD sur les câbles quittant le volume d'essai, ainsi que d'autres mesures prises pour supprimer les émissions

des AE à l'extérieur du volume d'essai, doivent être clairement décrites dans le rapport d'essai.



IEC

¹⁾ Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4. Leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 16 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table

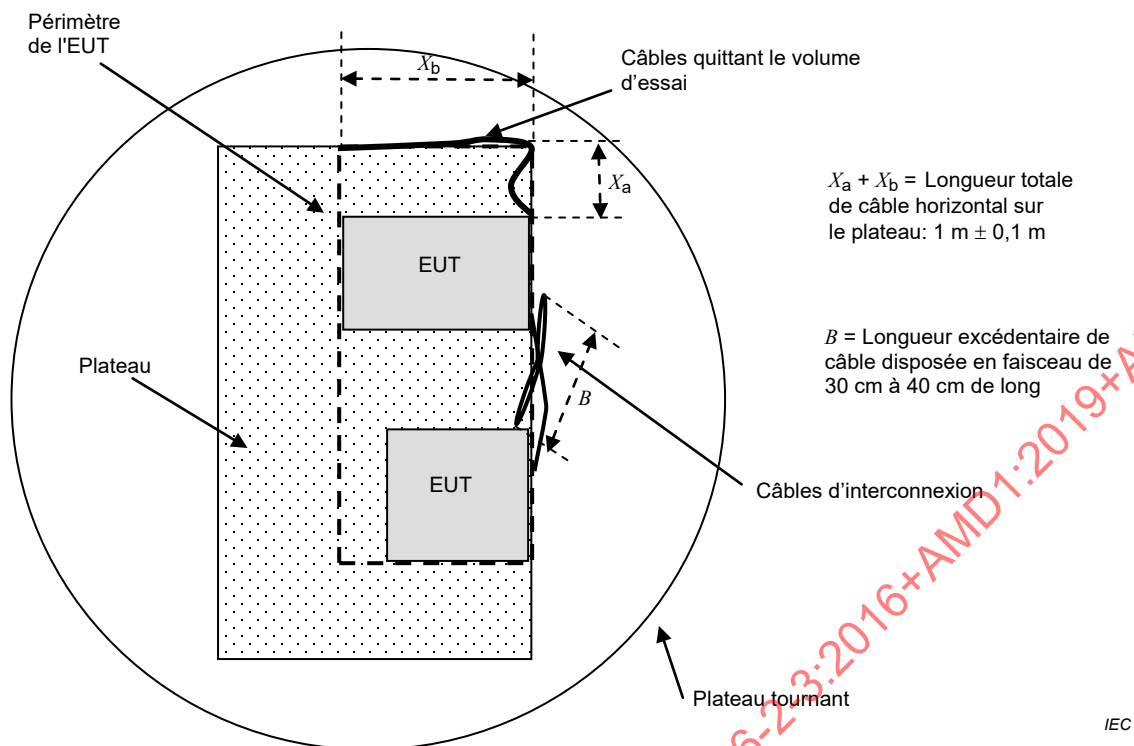
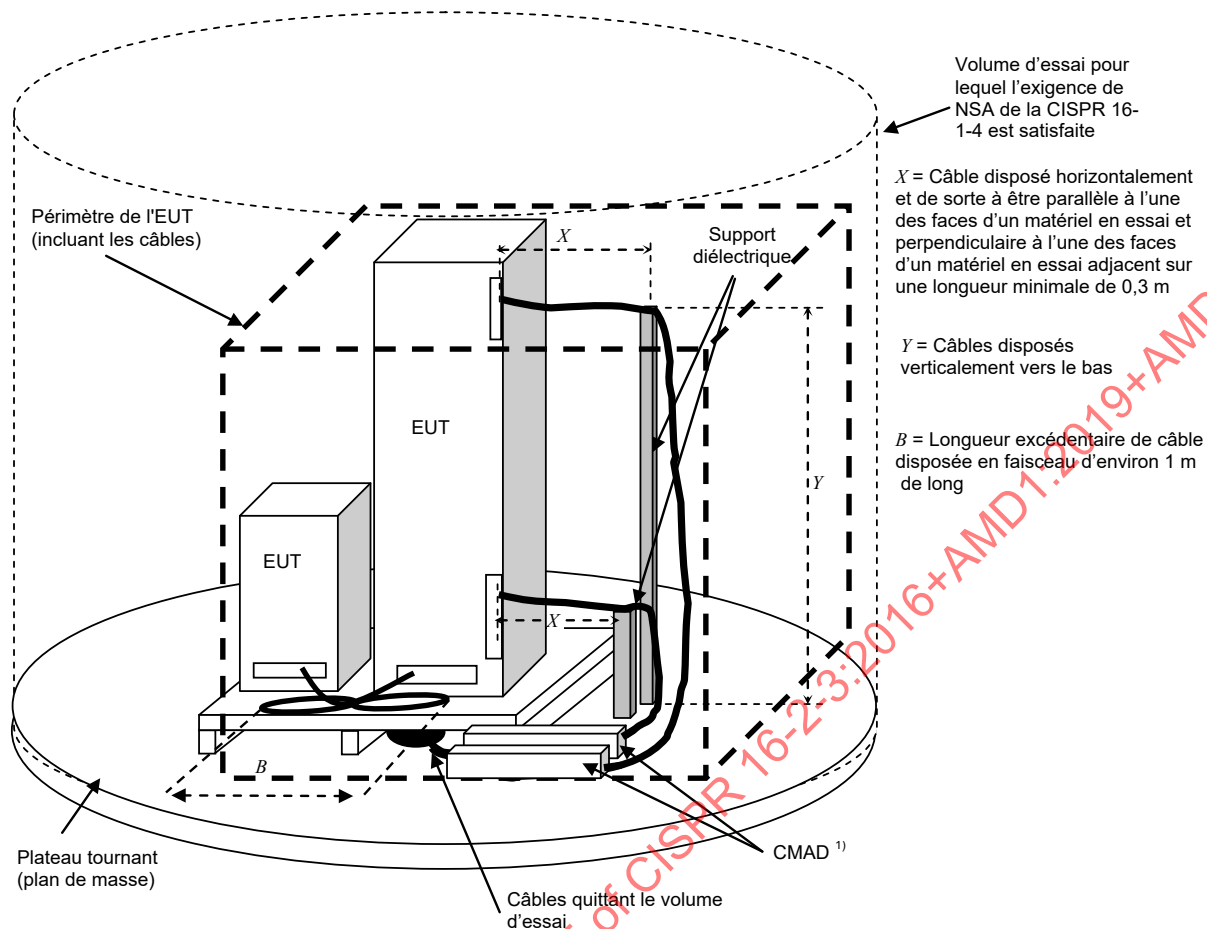


Figure 17 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table – Vue de dessus

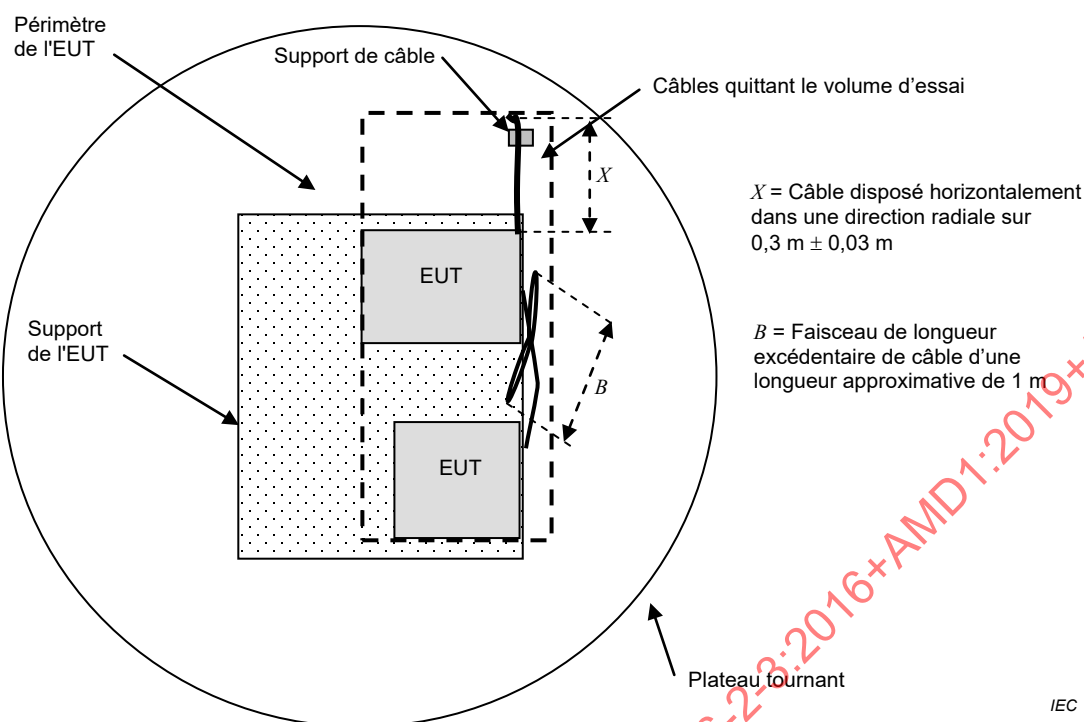


IEC

À noter que le rayon de courbure des câbles ne doit pas être dépassé pour correspondre à la longueur du faisceau.

¹⁾ Les CMAD doivent être conformes aux spécifications applicables de la CISPR 16-1-4; leur utilisation doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 18 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol



À noter que le rayon de courbure des câbles ne doit pas être dépassé pour correspondre à la longueur du faisceau.

Figure 19 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol – Vue de dessus

7.5.5 Incertitude de mesure pour une installation et une méthode d'émission/immunité communes

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.6 Mesurages en enceinte complètement anéchoïque et mesurages en OATS/SAC à revêtement absorbant (1 GHz à 18 GHz)

7.6.1 ~~Grandeur à mesurer~~ Mesurande

~~L'amplitude du champ électrique émis par l'EUT à la distance de mesure est la grandeur à mesurer. Le résultat doit être exprimé en termes d'amplitude de champ.~~

La grandeur à mesurer (mesurande) est l'amplitude du champ électrique maximal émis par l'EUT en fonction de la polarisation horizontale et verticale sur tous les angles dans le plan d'azimut, à la hauteur de l'antenne de réception et au centre du volume d'essai, et à une distance horizontale préférentielle de 3 m. Cette grandeur doit être déterminée compte tenu des dispositions suivantes:

- la plage de fréquences concernée est comprise entre 1 GHz et 18 GHz;
- utilisées pour exprimer les niveaux limites relatifs à cette grandeur;
- les mesurages doivent être effectués dans un emplacement d'essai propre aux OATS/SAC ou FAR à revêtement absorbant comprenant une table de positionnement (le cas échéant) et conforme aux exigences de validation de la CISPR 16-1-4;
- un récepteur de mesure conforme à la CISPR 16-1-1 doit être utilisé;
- l'application de distances alternatives de mesure doit être conforme aux critères décrits en 7.6.2 et dans le Tableau 12 (largeur de faisceau de l'antenne);

- f) la distance de mesure est la projection horizontale de la distance entre le bord de l'EUT et le point de référence de l'antenne par rapport au sol;
- g) la configuration et le fonctionnement de l'EUT sont conformes aux spécifications CISPR;
- h) des facteurs d'antenne en espace libre doivent être utilisés.

Dans certaines normes, les limites d'émission pour les matériels sont exprimées en termes de puissance apparente rayonnée (P_{RE}) en dB(pW) au-dessus de 1 GHz. Dans les conditions de champ lointain en espace libre, l'équation de conversion de P_{RE} en amplitude de champ, en dB(μ V/m), à une distance de 3 m est la suivante:

$$E_{3m} = P_{RE} + 7,4 \quad (11)$$

Pour des distances d , en m, autres que 3 m:

$$E_d = P_{RE} + 7,4 + 20 \lg \left(\frac{3}{d} \right) \quad (12)$$

7.6.2 Distance de mesure

L'amplitude du champ émis par l'EUT est mesurée à une distance préférentielle de 3 m. La distance de mesure, d , est la distance horizontale entre la périphérie de l'EUT et le point de référence de l'antenne de réception (voir Figure 20). L'EUT englobe toutes les parties qui le constituent, y compris les supports de câbles et le matériel connexe, et une longueur de câble minimale de 30 cm.

Des distances différentes peuvent être utilisées dans la pratique, c'est-à-dire:

- des distances inférieures en cas de bruit ambiant élevé, ou pour réduire l'effet de réflexions non désirées, ~~mais il convient de s'assurer que la distance de mesure est supérieure ou égale à $D^2/(2\lambda)$~~ ; il convient que la distance de mesure soit supérieure ou égale à $D^2/(2\lambda)$ de sorte que les écarts ne soient pas supérieurs à 1 dB, où D est la dimension la plus grande de la zone effective de la source de rayonnement ou de l'antenne de mesure (à la fréquence prise en considération);
- des distances supérieures pour des EUT de grandes dimensions de façon à permettre au faisceau de l'antenne d'englober l'EUT.

Compte tenu du fait que les composantes dominantes des signaux de perturbation de l'EUT peuvent par hypothèse être incohérentes et rayonnées à partir d'une source ponctuelle, la distance minimale mentionnée ci-dessus, c'est-à-dire $D^2/(2\lambda)$, doit être appliquée en utilisant les dimensions de l'antenne de mesure et non celles de l'EUT.

Dans de nombreux cas, la dimension la plus grande de l'antenne de mesure (par exemple, antenne DRH ou LPDA) ne détermine pas les caractéristiques de rayonnement. Pour obtenir des valeurs plus réalistes, la zone effective de l'antenne de mesure, A_e , à la fréquence prise en considération, peut être utilisée en lieu et place de la dimension la plus grande de l'antenne pour déterminer D^2 ($\approx A_e = \lambda^2 G / 4\pi$, où G est le gain isotrope d'antenne) pour calculer la distance minimale de mesure.

Si les mesurages sont effectués à une distance différente de 3 m, la distance de mesure doit être supérieure ou égale à 1 m et inférieure ou égale à 10 m. Dans un tel cas, les données de mesure doivent être ajustées à une distance de 3 m, en prenant pour hypothèse une propagation en espace libre. Les utilisateurs sont informés que la comparaison des mesurages à des distances différentes et l'extrapolation des résultats ne sont généralement pas en aussi bonne corrélation que les mesurages effectués à la même distance. Il convient que les normes ou les spécifications qui font référence à cette méthode d'essai identifient une distance de mesure préférentielle.

7.6.3 Installation et conditions de fonctionnement du matériel en essai (EUT)

De manière générale, les installations d'essai et les conditions de fonctionnement de l'EUT doivent être les mêmes que celles utilisées en dessous de 1 GHz. Chaque fois que cela est possible, il convient que l'installation d'essai soit représentative de la configuration la plus caractéristique du matériel en essai (posé sur une table, posé au sol, monté en baie, à montage mural, etc.).

Il convient également que l'installation d'essai tienne compte du fait que les absorbeurs sont généralement exigés sur le sol entre l'antenne et l'EUT pour les mesurages au-dessus de 1 GHz. Lorsque la pratique le permet, pour les mesurages d'émissions au-dessus de 1 GHz, il convient que l'EUT soit élevé au-dessus de la hauteur des absorbeurs. S'il n'est pas possible d'élever l'ensemble du matériel en essai au-dessus des absorbeurs (c'est-à-dire pour du matériel monté en baie ou posé au sol), il convient de configurer l'EUT (dans une baie ou un châssis, par exemple), de telle sorte que les éléments rayonnants soient situés au-dessus des absorbants. L'EUT doit être situé dans le volume d'essai déterminé lors de la validation de l'emplacement, comme décrit dans la CISPR 16-1-4. Si la pratique ne permet pas d'élever l'EUT ou ses éléments rayonnants au-dessus de la hauteur des absorbeurs en toute sécurité, la portion maximale de l'EUT qui peut être située en dessous du point le plus haut des absorbeurs est de 30 cm (voir 7.6.6.1 et Figure 20).

La configuration réelle de l'EUT et l'installation utilisée pour les essais doivent être indiquées dans le rapport d'essai avec des photographies ou des schémas présentant clairement l'emplacement de l'EUT par rapport au sol de l'installation ou à la surface du plateau tournant, la mise en place de l'absorbeur sur le sol (hauteur et emplacement) et l'emplacement de l'antenne de réception.

7.6.4 Emplacement de mesure

L'emplacement de mesure doit être conforme aux exigences décrites dans la CISPR 16-1-4.

7.6.5 Instrumentation de mesure

L'instrumentation de mesure doit être conforme aux exigences décrites dans les normes CISPR 16-1-1 et CISPR 16-1-4.

Les mesurages visant à vérifier la conformité à une limite de crête doivent être réalisés avec ~~l'analyseur de spectre de mesure de crête ou le récepteur~~ un récepteur de mesure avec détecteur de crête en utilisant une largeur de bande de mesure de 1 MHz (largeur de bande d'impulsion), comme défini dans la CISPR 16-1-1.

~~Les mesurages visant à vérifier la conformité à une limite moyenne doivent être réalisés avec un analyseur de spectre de mesure de crête utilisant une largeur de bande de mesure de 1 MHz (largeur de bande d'impulsion) et une largeur de bande vidéo réduite, réglée comme défini dans la CISPR 16-1-1. La valeur de la largeur de bande vidéo exigée pour un mesurage de moyenne doit être inférieure à la composante spectrale la plus faible des signaux d'entrée à mesurer.~~

Les mesurages visant à vérifier la conformité à une limite linéaire moyenne doivent être réalisés avec un récepteur de mesure à détecteur linéaire de valeur moyenne et à largeur de bande de mesure de 1 MHz (largeur de bande d'impulsion) comme défini dans la CISPR 16-1-1.

Les mesurages visant à vérifier la conformité à une limite logarithmique moyenne doivent être réalisés avec un récepteur de mesure à détecteur logarithmique de valeur moyenne et à largeur de bande de mesure de 1 MHz (largeur de bande d'impulsion) comme défini dans la CISPR 16-1-1.

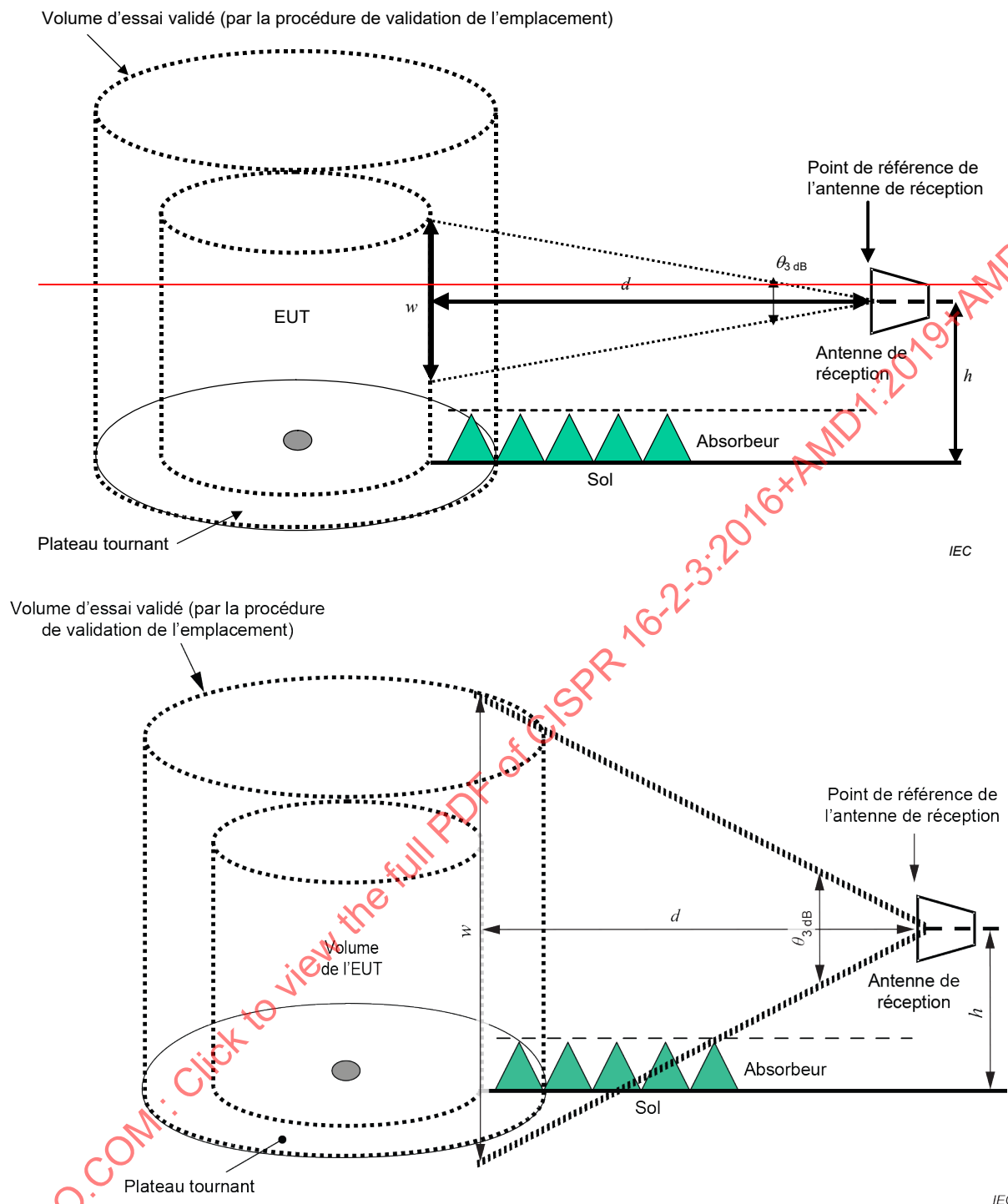
NOTE Pour réaliser des mesurages de moyennes, un analyseur de spectre peut être utilisé en réglant l'affichage en mode linéaire et la largeur de bande vidéo à une valeur inférieure à la plus petite composante spectrale du signal d'entrée à mesurer. Par exemple, si le signal d'entrée a une fréquence de répétition d'impulsions (PRF – pulse repetition frequency) de 1 kHz, pour une largeur de bande vidéo inférieure à 1 kHz, seule la composante continue du signal (c'est-à-dire la valeur moyenne) traverse le filtre vidéo.

~~L'utilisation d'autres types de détecteurs linéaires de valeur moyenne conformes à ces exigences est autorisée. En général, l'analyseur de spectre doit être réglé sur le mode d'affichage linéaire lors de la réalisation de mesurages de moyennes, et pas sur le mode logarithmique. La durée de balayage de l'analyseur de spectre doit être augmentée, en raison de l'utilisation de largeurs de bande vidéo plus étroites, afin de garantir des résultats de mesure exacts. Le mode logarithmique est autorisé pour des mesurages de moyennes, lorsque les limites de spécification prennent pour hypothèse l'utilisation d'un détecteur logarithmique.~~

7.6.6 Mode opératoire de mesure

7.6.6.1 Description générale de la méthode de mesure de l'amplitude du champ rayonné au-dessus de 1 GHz

La méthode de mesure du champ rayonné au-dessus de 1 GHz est basée sur le mesurage du champ électrique maximal émis par l'EUT, avec une installation telle que celle présentée à la Figure 20.



NOTE Le matériau anéchoïque placé sur le plan de masse sert uniquement à des fins de représentation. Consulter la CISPR 16-1-4 pour des lignes directrices plus détaillées concernant la mise en place de l'absorbeur, afin de satisfaire aux exigences de validation de l'emplacement.

**Figure 20 – Méthode de mesure au-dessus de 1 GHz,
antenne de réception en polarisation verticale**

Les descriptions suivantes s'appliquent aux paramètres et aux termes indiqués à la Figure 20.

- Volume d'essai validé: le volume évalué au cours de la procédure de validation de l'emplacement (CISPR 16-1-4). Généralement, cela permet de déterminer l'EUT de diamètre le plus grand pouvant être mesuré sur l'installation d'essai.
- ~~Matériel en essai (volume)~~ Volume de l'EUT: ~~cylindre du plus petit diamètre qui englobe complètement toutes les parties de l'EUT réel, y compris les supports de câbles et une~~

~~longueur minimale de 30 cm de câbles~~ cylindre défini par le diamètre limite et la hauteur de l'EUT qui englobent complètement toutes les parties de l'EUT réel, y compris les supports de câbles et une longueur de câble de 0,3 m (tel que défini en 3.1.33 du présent document). L'EUT qui est situé dans ce cylindre doit pouvoir tourner autour de son axe (généralement par un plateau tournant télécommandé). L'EUT doit être situé dans le volume d'essai validé. Une portion de w d'une hauteur maximale de 30 cm (voir définition de w ci-dessous) peut être située en dessous du sommet des absorbeurs sur le sol, uniquement lorsque l'EUT est posé au sol et ne peut pas être élevé au-dessus des absorbeurs (voir 7.6.3).

- $\theta_{3\text{ dB}}$: Largeur minimale de faisceau à 3 dB de l'antenne de réception à chaque fréquence considérée. $\theta_{3\text{ dB}}$ est la valeur minimale des valeurs du plan E et du plan H à chaque fréquence. $\theta_{3\text{ dB}}$ peut être obtenue à partir des données fournies par le fabricant pour l'antenne de réception.
- d : Distance de mesure (en mètres). Elle est mesurée comme la distance horizontale entre la périphérie du ~~matériel en essai~~ volume de l'EUT et le point de référence de l'antenne de réception.
- w : Dimension de la droite tangente au ~~matériel en essai~~ volume de l'EUT formée par $\theta_{3\text{ dB}}$ à la distance de mesure d . L'Équation (13) doit être appliquée pour calculer w pour chaque antenne et chaque distance de mesure réelles utilisées. Les valeurs de w doivent être incluses dans le rapport d'essai. Ce calcul peut être basé sur les spécifications de largeur de faisceau de l'antenne de réception fournies par le fabricant:

$$w = 2d \tan(0,5 \theta_{3\text{ dB}}) \quad (13)$$

~~w doit avoir la dimension minimale spécifiée au Tableau 4.~~

- h : Hauteur de l'antenne de réception, mesurée entre son point de référence et le sol.

~~Le Tableau 4 spécifie la dimension minimale acceptable pour w (w_{min}). Les exigences minimales présentées dans le Tableau 4 sont calculées à partir de l'Équation (13) basée sur les essais effectués à la distance minimale de mesure autorisée de 1 m spécifiée en 7.6.2, et sur les valeurs de $\theta_{3\text{ dB}(\text{min})}$ présentées. La distance de mesure d et le type d'antenne doivent être choisis de sorte que w soit égale ou supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 4 à toutes les fréquences auxquelles le champ est mesuré. Aux fréquences non présentées dans le Tableau 4, la limite de w_{min} doit être interpolée linéairement entre les deux fréquences énoncées les plus proches. Le Tableau 5 fournit des exemples de valeurs de w calculées à l'aide de l'Équation (13) pour trois types d'antennes à des distances de mesure de 1 m, 3 m et 10 m.~~

La distance de mesure d et le type d'antenne doivent être choisis de sorte que w soit supérieure ou égale à la hauteur du volume de l'EUT à toutes les fréquences de mesure de l'amplitude du champ. Le Tableau 5 donne des exemples de valeurs de w calculées à l'aide de l'Équation (13) pour trois types d'antennes à des distances de mesure de 1 m, 3 m et 10 m.

~~L'émission maximale est mesurée en déplaçant l'antenne de réception en hauteur tout en opérant une rotation de l'azimut de l'EUT (angle de 0° à 360°). Les exigences relatives à la scrutation en hauteur sont spécifiées ci-dessous et présentées à la Figure 21 pour deux catégories types d'EUT.~~

Tableau 4 — Dimension minimale de w ($w_{\min}$)

Fréquence GHz	$\theta_{3\text{ dB}, \min}$	$w_{\min}$ m
1,00	60	1,15
2,00	35	0,63
4,00	35	0,63
6,00	27	0,48
8,00	25	0,44
10,00	25	0,44
12,00	25	0,44
14,00	25	0,44
16,00	5	0,09
18,00	5	0,09

- a) Il est admis que la dimension w soit supérieure à la dimension minimale indiquée, et d'autres antennes et distances peuvent être utilisées pour satisfaire à la valeur minimale exigée de $w = w_{\min}$ indiquée, à condition que l'Équation (13) soit satisfaite.
- b) Dans la mesure où le mesurage des deux polarisations est exigé, pour chaque hauteur de l'antenne de réception, w forme une zone minimale d'observation carrée égale à w^2 (m²).
- c) Dans certains cas, w peut englober plusieurs composants physiques de l'EUT qui sont séparés physiquement. Par exemple, plusieurs enceintes distinctes d'un système d'enceintes multiples qui sont soumises à l'essai simultanément.
- d) L'exigence de hauteur de scrutation dépend de w de telle sorte qu'il peut s'avérer avantageux de maximiser w par la sélection d'une antenne avec une largeur de faisceau et une distance de mesure supérieures aux exigences minimales présentées.
- e) Le diagramme et la largeur de faisceau de l'antenne utilisée peuvent affecter le résultat de mesure. L'antenne possède au moins deux facteurs d'influence en plus de l'incertitude relative au facteur d'antenne: 1) des irrégularités ou autres anomalies du diagramme d'antenne et 2) des différences de largeur de faisceau entre les antennes, qui peuvent fournir des résultats différents en fonction du nombre d'émissions captées par la largeur de faisceau de l'antenne, provenant (par construction) d'emplacements physiques distincts sur l'EUT.

Tableau 5 – Exemples de valeurs de w pour trois types d'antennes

Fréquence GHz	Antenne cornet guide d'ondes à double moulure (DRG – double ridge guide)				LPDA ou LPDA-V ^a			
	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$
		w m	w m	w m		w m	w m	w m
1,00	60	1,15	3,46	11,55	60	1,15	3,46	11,55
2,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
4,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
6,00	27	0,48	1,44	4,80	55	1,04	3,12	10,41
8,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
10,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
12,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
14,00	25	0,44	1,33	4,43	45	0,83	2,49	8,28
16,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28
18,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28

^a LPDA-V: réseau de dipôles log-périodiques de type V. Les valeurs présentées pour $\theta_{3\text{ dB}}$ et w sont des valeurs types à la fois des antennes LPDA et LPDA-V. Toutefois, ces antennes possèdent typiquement un gain différent.

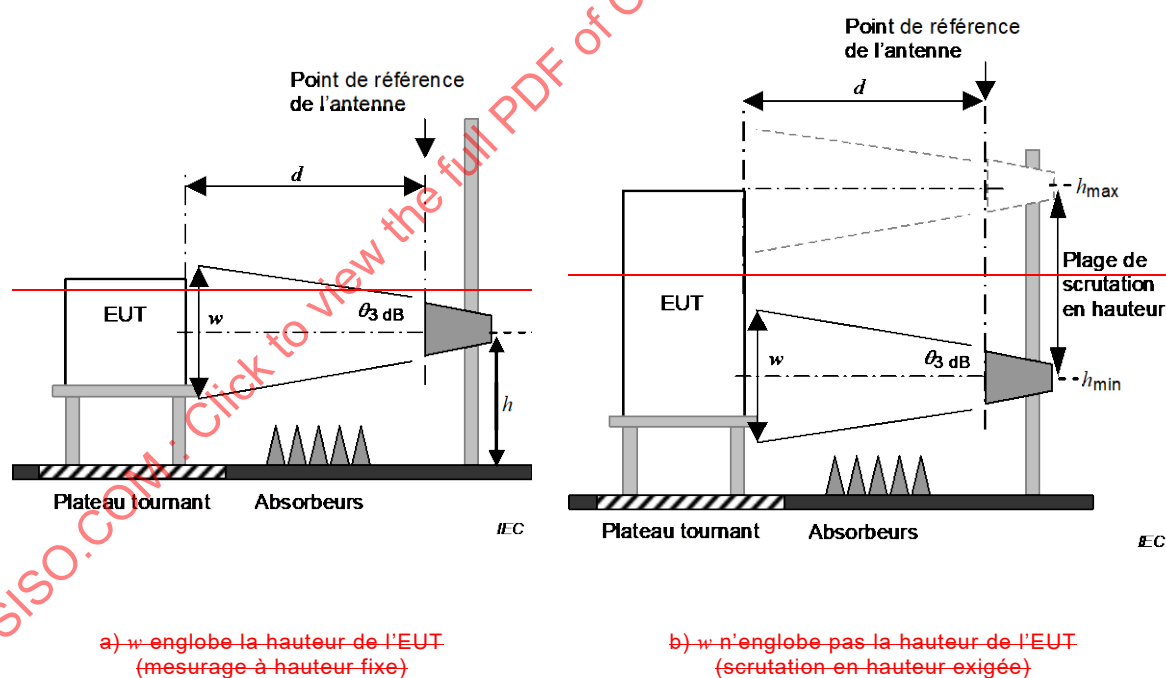


Figure 21 – Présentation des exigences relatives à la scrutation en hauteur pour deux catégories différentes de matériels en essai

Pour tout EUT de dimensions maximales inférieures ou égales à w , le centre de l'antenne de réception doit être fixé au niveau de la hauteur du centre de l'EUT (Figure 21 a)). Pour tout EUT de dimension verticale maximale supérieure à w , le centre de l'antenne doit être scruté verticalement le long de la ligne parallèle à w , comme présenté à la Figure 21 b). La plage de scrutation exigée pour h est comprise entre 1 m et 4 m. Si la hauteur de l'EUT est inférieure à 4 m, la scrutation du centre de l'antenne de réception à des hauteurs supérieures à la partie

~~supérieure de l'EUT n'est pas exigée. Dans les deux cas, la hauteur fixe, h , ou la plage des hauteurs analysées, doit être consignée dans le rapport d'essai.~~

~~Lorsqu'une scrutation en hauteur est exigée selon l'alinéa précédent, une scrutation continue en hauteur dans la plage des hauteurs exigée est recommandée afin d'obtenir l'émission maximale finale. Si une scrutation en hauteur par incrément est réalisée, il est recommandé de s'assurer que les incréments de hauteur sont suffisamment petits afin de capturer l'émission maximale.~~

NOTE En raison du diagramme de rayonnement de l'EUT dans la direction verticale, le résultat de mesure peut varier en fonction de la hauteur de l'antenne. Par conséquent, la variation de la hauteur de l'antenne, tout en maintenant le volume de l'EUT dans la largeur de faisceau de l'antenne, peut améliorer la reproductibilité.

~~Concernant l'étendue horizontale de w , il n'est pas exigé que l'EUT soit complètement inclus dans w . Dans les cas où la largeur de l'EUT est supérieure à w , l'EUT doit être centré horizontalement sur l'axe de mesure, et la rotation de l'EUT fournit la scrutation horizontale nécessaire pour la détermination de l'amplitude de champ maximale. Une scrutation horizontale (latérale, transversale) en déplaçant l'antenne de réception horizontalement en dehors de l'axe de mesure n'est pas exigée, mais peut être utilisée si elle est spécifiée dans une norme de produit.~~

Concernant l'étendue horizontale de w , la largeur du volume de l'EUT doit être complètement incluse dans w .

7.6.6.2 Mesurages utilisant des détecteurs classiques (non statistiques)

7.6.6.2.1 Procédure générale de mesure

Pour tout EUT, il convient d'abord de détecter les fréquences d'émission par une maximisation préliminaire des émissions (voir 7.6.6.2.3). L'essai final d'émission est réalisé ensuite (voir 7.6.6.2.4). Ces deux mesurages doivent être effectués de préférence à la distance limite spécifique. Si, pour une raison justifiée, le mesurage final est effectué à une autre distance que celle correspondant à la distance limite, il convient d'abord d'effectuer un mesurage à la distance limite afin de faciliter l'interprétation des données résultantes.

Lors de la réalisation de ces mesurages, la sensibilité de l'appareil de mesure par rapport à la limite doit être déterminée avant l'essai. Si la sensibilité globale de mesure est inadéquate, des amplificateurs à faible bruit, des distances de mesure plus faibles ou des antennes à gain plus élevé peuvent être utilisés. Si des distances de mesure plus faibles ou des antennes à gain plus élevé sont utilisées, la relation entre la largeur de faisceau de l'antenne et la taille de l'EUT doit être prise en compte. De même, lorsque des préamplificateurs sont utilisés, les niveaux de surcharge du système de mesure doivent être déterminés comme appropriés.

La protection contre la saturation et la destruction de l'instrumentation de mesure est exigée lorsque des émissions à faible niveau doivent être mesurées en présence d'un signal d'un niveau élevé. Une combinaison de filtres passe-bande, coupe-bande, passe-bas et passe-haut peut être utilisée. Cependant, la perte d'insertion de ceux-ci ou de tout autre dispositif, aux fréquences de mesure, doit être connue et comprise pour les calculs dans le rapport de mesure.

NOTE Une méthode simple pour déterminer si des effets non linéaires (surcharge, saturation, etc.) se produisent consiste à insérer un affaiblisseur de 10 dB à l'entrée de l'appareil de mesure (avant tout préamplificateur, le cas échéant) et à vérifier que l'amplitude de tous les harmoniques du signal de forte amplitude (qui peuvent produire des effets non linéaires) est réduite de 10 dB.

7.6.6.2.2 Procédure d'essai conditionnel

Si la fréquence interne la plus haute de l'EUT (voir 3.1.27) est inférieure à 108 MHz, les émissions doivent être mesurées au minimum jusqu'à 1 GHz.

Si la fréquence interne la plus haute de l'EUT est comprise entre 108 MHz et 500 MHz, les émissions doivent être mesurées au moins jusqu'à 2 GHz.

Si la fréquence interne la plus haute de l'EUT est comprise entre 500 MHz et 1 GHz, les émissions doivent être mesurées au moins jusqu'à 5 GHz.

Si la fréquence interne la plus haute de l'EUT est supérieure à 1 GHz, les émissions doivent être mesurées jusqu'à la fréquence inférieure à 5 fois la fréquence interne la plus haute ou la fréquence la plus haute à laquelle les limites sont définies.

7.6.6.2.3 Procédure de mesure préliminaire

Les procédures figurant dans le présent paragraphe sont fournies à des fins informatives – les exigences de mesure normatives sont énumérées en 7.6.6.2.4. La perturbation rayonnée maximale pour un mode de fonctionnement donné peut être déterminée pendant un essai préliminaire. Afin de réduire le plus possible la durée de mesure, il est proposé d'effectuer en premier lieu des mesurages en utilisant une détection de crête, puis de comparer les résultats d'essai à la limite moyenne. Les mesurages suivants effectués avec le détecteur de valeur moyenne et la comparaison des résultats par rapport à la limite moyenne ne seront effectués que dans les plages de fréquences pour lesquelles la limite moyenne a été dépassée par les données recueillies avec la détection de crête.

Les lignes directrices pour une procédure préliminaire visant à identifier la perturbation rayonnée sont les suivantes:

- a) Utiliser le mode scrutation ou balayage sur la totalité de la plage de fréquences de l'antenne en utilisant la détection de crête et le mode «maintien du maximum».
- b) Déterminer la durée appropriée de balayage ou de scrutation afin d'assurer une interception adéquate du signal.
- c) Si cela est nécessaire, pendant les essais préliminaires, réduire la largeur de bande de résolution en mode balayage afin de réduire le niveau de bruit affiché du récepteur de mesure. À noter que ceci peut requérir l'amplitude de la perturbation à large bande; de ce fait, des recherches complémentaires peuvent s'avérer nécessaires afin de déterminer si la perturbation est à large bande ou à bande étroite.
- d) Faire tourner l'EUT de façon continue ou par incréments de 15° ou moins, puis répéter l'opération pour l'autre polarisation. Il convient de soumettre l'EUT à une rotation de 360° en azimut pour les deux polarisations afin de déterminer la perturbation maximale à chaque fréquence concernée.
- e) En mode rotation en continu du plateau tournant, régler la durée de balayage du récepteur de mesure de telle sorte que l'intervalle de fréquence sélectionné puisse être balayé en un temps inférieur ou égal au temps nécessaire au plateau tournant pour effectuer une rotation de 15°. Si la vitesse de rotation du plateau tournant est telle qu'un angle supérieur à 15° est couvert au cours d'un balayage complet ou d'une scrutation complète du récepteur de mesure, il convient d'utiliser une plage de fréquences plus petite afin de réduire la durée de balayage du récepteur de mesure et de réaliser la rotation du plateau tournant de 15° au maximum par balayage.
- f) Si son utilisation est nécessaire pour identifier les fréquences correspondant à la perturbation maximale, appliquer la méthode décrite ci-dessus ~~pour tous les niveaux de hauteur exigés par 7.6.6.1 (et la Figure 21)~~, ainsi que pour les différents modes de fonctionnement de l'EUT.
- g) Afin de mieux évaluer les fréquences déterminées aux étapes a) à d), utiliser un intervalle de fréquence réduit (généralement de 5 MHz ou moins) et effectuer une recherche au voisinage des fréquences proches de la limite en utilisant des incréments de rotation du plateau tournant ~~et des pas de balayage en hauteur~~ supplémentaires plus petits. Généralement, toutes les fréquences se situant à environ 10 dB de la limite de spécification garantissent une recherche approfondie dans un intervalle de fréquence étroit et avec des incréments supplémentaires en rotation ~~ou en hauteur~~ plus précis.

7.6.6.2.4 Procédure finale de mesure

L'amplitude du champ émis par l'EUT à la distance de mesure spécifiée est mesurée dans la configuration (hauteur d'antenne, orientation azimut de l'EUT, etc.) qui produit la perturbation maximale, telle que déterminée lors de la maximisation préliminaire de la perturbation. Les mesurages finaux doivent être effectués suivant le mode opérationnel de l'EUT identifié par les mesurages préliminaires comme produisant la perturbation la plus élevée.

Ce mesurage final doit être le résultat d'un maintien du maximum sur le récepteur de mesure pendant une durée donnée proportionnelle à l'intervalle de fréquence utilisé. Il convient de définir cette durée pour chaque produit ou famille de produits, en tenant compte de la durée des modes de fonctionnement et des constantes de temps associées à chaque produit spécifique à soumettre à l'essai. Les mesurages finaux doivent être effectués en utilisant tous les détecteurs exigés. En variante, les résultats de mesure exprimés en valeur de crête peuvent être utilisés pour démontrer la conformité à toutes les limites spécifiées.

Si la configuration de l'EUT (hauteur d'antenne, azimut du matériel en essai, mode de fonctionnement, etc.) produisant la perturbation maximale n'a pas été déterminée de manière concluante par un mesurage préliminaire, les mesurages complémentaires indiqués ci-dessous doivent être effectués:

- a) pour tout EUT de dimension maximale inférieure ou égale à w , le centre de l'antenne de réception doit être fixé au niveau de la hauteur du centre du matériel en essai ~~(voir Figure 21 a))~~;

- b) ~~pour tout EUT de dimension verticale maximale supérieure à w , la scrutation en hauteur doit être effectuée conformément aux exigences relatives à la scrutation en hauteur (limites supérieure et inférieure) spécifiées en 7.6.6.1;~~

pour tout volume d'EUT de dimension verticale maximale supérieure à w , la distance de mesure d doit être augmentée à 5 m ou à 10 m de sorte que l'EUT soit englobé par la largeur de faisceau de l'antenne de réception. La largeur de faisceau de l'antenne doit être connue. L'emplacement d'essai doit être validé pour la distance de mesure appliquée pour les mesurages finaux. La propagation en espace libre et en champ lointain doit être admise par hypothèse et l'amplitude de champ mesurée doit être ajustée à la distance préférentielle de 3 m à l'aide de l'Équation (22).

$$E_{3\text{ m}} = E_d + 20\lg(d/3) \quad (22)$$

où

$E_{3\text{ m}}$ est l'amplitude de champ en dB(μ V/m) à une distance de 3 m

E_d est l'amplitude de champ en dB(μ V/m) à la distance d

et le facteur 3 dans le dénominateur de l'argument $\lg$ est la distance de référence de 3 m.

- c) dans tous les cas, afin de déterminer la perturbation maximale, l'EUT doit effectuer une rotation en azimut sur toute la plage d'angles compris entre 0° et 360°, et les mesurages doivent être effectués pour les polarisations horizontale et verticale.

En résumé, les exigences relatives aux mesurages finaux au-dessus de 1 GHz sont les suivantes:

La perturbation maximale doit être enregistrée à partir des recherches exigées suivantes, certaines d'entre elles pouvant être réalisées pendant la procédure de mesure préliminaire.

- 1) l'EUT doit effectuer une rotation en azimut passant par tous les angles situés dans la plage comprise entre 0° et 360°, soit par un plateau tournant, soit par le mouvement de l'antenne de réception autour du volume;

Si un mesurage préliminaire a été réalisé avec des pas azimutaux de $1^\circ \leq a \leq 15^\circ$, le mesurage final doit comprendre une recherche d'azimut en continu passant par tous les

angles de $\pm a$ minimum autour de l'angle d'azimut obtenu lors du mesurage préliminaire, où a est l'angle d'azimut.

- 2) ~~une scrutation en hauteur de l'antenne de réception doit être effectuée si la hauteur de l'EUT est supérieure à w dans la direction verticale;~~

la distance de mesure doit être augmentée si le volume de l'EUT (diamètre et hauteur) est supérieur à w à la distance préférentielle.

- 3) les polarisations horizontale et verticale doivent être analysées.

7.6.6.3 Mesurages à l'aide de la fonction (statistique) DPA

7.6.6.3.1 Généralités

Le mesurage de la distribution de probabilité des amplitudes (DPA – amplitude probability distribution) d'un signal perturbateur fournit une caractérisation statistique du signal perturbateur concerné. Le contexte général sur l'application de la fonction de mesure de la DPA est fourni en 4.7 de la CISPR TR 16-3:2010 [2]. Un comité de produits peut choisir le mesurage de DPA comme méthode à utiliser pour les essais finaux relatifs aux émissions. Le mesurage de DPA doit être réalisé aux fréquences auxquelles le matériel en essai génère des amplitudes de champ perturbateur élevées. Le nombre de fréquences et leur méthode de sélection doivent être déterminés par un comité de produits.

Le mesurage de DPA doit être réalisé en utilisant l'une des deux méthodes suivantes. La première méthode consiste à mesurer le niveau de perturbation E_{meas} en dB($\mu\text{V/m}$) relativement à la probabilité de durée spécifiée p_{limit} , désignée comme la Méthode 1 (voir 7.6.6.3.2). La deuxième méthode consiste à mesurer la probabilité de durée p_{meas} durant laquelle l'enveloppe de la perturbation dépasse un niveau spécifié E_{limit} en dB($\mu\text{V/m}$), désignée comme la Méthode 2 (voir 7.6.6.3.3). Les informations et les figures supplémentaires sont fournies en Annexe D afin de présenter les spécificités des deux méthodes de mesure de DPA.

Si un comité de produits décide d'utiliser l'approche DPA, il doit choisir soit la Méthode 1 soit la Méthode 2. Si l'instrumentation de mesure de DPA ne comporte pas de convertisseur A/N (analogique/numérique), seule la Méthode 2 doit être utilisée. Si l'instrumentation de mesure de DPA comporte un convertisseur A/N, l'une ou l'autre des deux méthodes peut être appliquée.

Le nombre de paires de limites (E_{limit} , p_{limit}) et les valeurs correspondantes doivent être spécifiés par le comité de produits. Le comité de produits doit également décider de l'utilisation d'une limite en valeur de crête conjointement aux limites de DPA.

7.6.6.3.2 Méthode 1 – Mesurage du niveau de perturbation

Ce mesurage doit être réalisé en appliquant la procédure suivante:

- 1) Régler la largeur de bande de résolution (RBW – resolution bandwidth) et la largeur de bande vidéo (VBW – video bandwidth) de l'analyseur de spectre conformément à la CISPR 16-1-1 (pour les mesurages au-dessus de 1 GHz).
- 2) Identifier les fréquences auxquelles des perturbations importantes sont observées. Ceci peut être réalisé en utilisant la fonction «maintien du maximum» dans l'intervalle de fréquence considéré. La détection de crête doit être utilisée lors de la mise en œuvre de cette procédure.

NOTE Dans les cas où des émissions en bande étroite se trouvent masquées par des émissions en large bande, le mode «maintien du maximum» combiné avec le détecteur de crête peut permettre de négliger les émissions en bande étroite. En conséquence, un mesurage supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour déterminer les fréquences des émissions en bande étroite à mesurer. Le comité de produits peut exiger des balayages supplémentaires en utilisant le détecteur de valeur moyenne ou un moyennage vidéo numérique. De plus, le nombre de fréquences pour le mesurage de DPA peut également être spécifié par le comité de produits.

- 3) Déterminer les fréquences pour le mesurage de DPA. Le nombre de fréquences doit être spécifié par le comité de produits.
- 4) Régler la fréquence centrale de l'analyseur de spectre sur la fréquence à laquelle le plus haut niveau de perturbation est observé pendant l'application de l'étape 2) de cette procédure.
- 5) Régler le niveau de référence de l'analyseur de spectre à au moins 5 dB au-dessus du niveau maximal de perturbation qui est obtenu à l'étape 2).
- 6) Régler l'analyseur de spectre en mode d'intervalle de fréquence nul et mesurer la DPA de la perturbation pendant la durée de mesure qui est spécifiée par le comité de produits. La durée de mesure doit être supérieure à la période de la perturbation.

Dans le cas de fréquences de perturbations fluctuantes, le comité de produits doit spécifier la plage de fréquences XX (en MHz) sur laquelle les DPA de la perturbation doivent être mesurées. Les mesurages de DPA dans la plage de fréquences XX MHz doivent être réalisés avec un pas de fréquence de 1 MHz. Cependant, dans les plages de fréquences pour lesquelles les valeurs de mesure de DPA sont supérieures de -6 dB à la limite de DPA, des mesurages complémentaires peuvent s'avérer nécessaires avec un pas de fréquence plus petit (par exemple 0,5 MHz). Le comité de produits doit définir le pas de fréquence inférieur.

- 7) Modifier la fréquence centrale de l'analyseur de spectre et la régler à la fréquence suivante déterminée à l'étape 2), puis répéter les procédures des étapes 4) à 6) jusqu'à ce que les mesurages de DPA soient effectués pour toutes les fréquences.
- 8) Lire le niveau de perturbation E_{meas} en dB($\mu\text{V}/\text{m}$) relatif à la probabilité spécifiée p_{limit} à partir des résultats de l'étape 6).
- 9) Comparer E_{meas} dB($\mu\text{V}/\text{m}$) à la limite E_{limit} dB($\mu\text{V}/\text{m}$). L'EUT est conforme si E_{meas} est inférieur ou égal à E_{limit} à toutes les fréquences.

7.6.6.3.3 Méthode 2 – Mesurage de la probabilité de durée

Ce mesurage doit être réalisé en appliquant la procédure suivante:

Les étapes 1), 2), 3), 4), 5) et 7) de la Méthode 2 sont les mêmes que les étapes correspondantes de la Méthode 1 (7.6.6.3.2).

Pour la Méthode 2, modifier les étapes 6), 8) et 9) de la Méthode 1 comme suit:

- 6) Régler l'analyseur de spectre en mode d'intervalle de fréquence nul et mesurer la DPA (ou mesurer directement la probabilité p_{meas} relative aux niveaux spécifiés) de la perturbation pendant la durée de mesure qui doit être spécifiée par le comité de produits.
- 8) Lire les probabilités p_{meas} pendant lesquelles l'enveloppe de la perturbation dépasse un niveau spécifié E_{limit} en dB($\mu\text{V}/\text{m}$) à partir des résultats de l'étape 6).
- 9) Comparer p_{meas} aux limites p_{limit} . L'EUT est conforme si p_{meas} est inférieur ou égal à p_{limit} à toutes les fréquences.

7.6.7 Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.7 Mesurages *in situ* (9 kHz à 18 GHz)

7.7.1 Applicabilité et préparation à des mesurages *in situ*

Des mesurages *in situ* peuvent être nécessaires pour l'étude d'un problème de brouillage à un emplacement particulier, c'est-à-dire lorsqu'un matériel électrique est soupçonné de provoquer des brouillages de la réception radio dans son environnement immédiat. Si la norme de produit applicable le permet, des mesurages *in situ* peuvent être effectués pour l'évaluation de la conformité, dans les cas où les mesurages d'émissions rayonnées ne

peuvent pas être effectués, pour des raisons techniques, sur un emplacement d'essai normalisé. Des dimensions et/ou un poids excessifs de l'EUT, ou des coûts trop élevés de la connexion de l'EUT à son infrastructure pour des mesures sur un emplacement d'essai normalisé, constituent les motifs techniques conduisant à des mesures *in situ*. Les résultats de mesure *in situ* d'un type d'EUT donné varient normalement d'un emplacement à l'autre ou diffèrent des résultats obtenus sur un emplacement d'essai normalisé, et ne peuvent, en conséquence, pas être utilisés pour des essais de type.

NOTE Toutefois, en général, les imperfections telles que le couplage mutuel entre les structures conductrices présentes dans l'environnement *in situ*, qui peuvent également être plus ou moins aggravées par les champs électromagnétiques ambiants, ou entre les antennes de mesure et le matériel en essai, font que les mesures *in situ* ne peuvent pas remplacer complètement les mesures effectuées sur un emplacement d'essai approprié (emplacement d'essai en espace libre ou emplacement d'essai alternatif, par exemple chambre (semi-anéchoïque)), comme décrit dans la CISPR 16-1-4.

L'EUT comporte habituellement un ou plusieurs dispositifs et/ou systèmes, et fait partie intégrante d'une installation ou est relié à une installation. Le périmètre reliant les parties extérieures de l'EUT est généralement pris comme point de référence pour déterminer la distance de mesure. Dans certaines normes de produits, les murs extérieurs ou les limites des parcs d'activités ou des zones industrielles sont pris comme points de référence.

Des mesures préliminaires doivent être effectuées pour identifier la fréquence et l'amplitude des champs perturbateurs parmi les signaux ambiants, compte tenu des sources potentielles de brouillage (par exemple, oscillateurs) de l'EUT. Pour ces mesures, il est recommandé d'utiliser un analyseur de spectre au lieu d'un récepteur, ce qui permet d'analyser un spectre de fréquences plus large. Pour identifier la fréquence et l'amplitude des signaux perturbateurs, l'utilisation d'une sonde de courant sur les câbles connectés, de sondes de champ proche ou des antennes de mesure placées plus près du matériel en essai, est recommandée.

Des mesures doivent également être effectuées à des fréquences choisies pour déterminer, si possible, les modes de fonctionnement pour lesquels l'EUT produit les champs perturbateurs les plus élevés. Les mesures suivantes doivent être effectuées avec l'EUT fonctionnant dans ces modes.

Lorsque l'EUT constitue une partie d'un ensemble et que son fonctionnement ne peut être indépendant du fonctionnement des autres matériels, il peut se révéler impossible de choisir les conditions produisant les perturbations les plus élevées. Pour certains matériels et certains modes de fonctionnement, ces conditions peuvent dépendre du temps, plus particulièrement s'il s'agit de fonctionnements cycliques. Dans ces cas, il convient de choisir la période d'observation s'approchant le plus des conditions de production des perturbations les plus élevées.

Les mesures doivent être effectuées autour de l'EUT à une distance approximativement identique pour chaque fréquence choisie afin de déterminer la direction du champ perturbateur le plus élevé. Il convient de soumettre l'EUT à l'essai au moins dans trois directions différentes. Les mesures finales des champs perturbateurs, à chaque fréquence, doivent être effectuées dans les directions des champs perturbateurs les plus élevés, ce qui peut varier d'une fréquence à l'autre compte tenu des conditions (ambiantes) locales. Les champs perturbateurs les plus élevés doivent être mesurés avec l'antenne en polarisation verticale et en polarisation horizontale. Si le rapport du champ perturbateur mesuré et de toute émission ambiante est inférieur à 6 dB, les méthodes de mesure décrites en Annexe A peuvent être utilisées.

7.7.2 Mesurages *in situ* d'amplitude du champ dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz

7.7.2.1 Méthode de mesure

L'amplitude du champ magnétique perturbateur doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal avec l'EUT fonctionnant dans le mode créant l'amplitude du champ perturbateur la plus élevée.

L'amplitude du champ perturbateur polarisé horizontalement doit être mesurée à la distance normalisée d_{limit} en utilisant une antenne-cadre comme décrit en 4.3.2 de la CISPR 16-1-4:2010, à une hauteur de 1 m (entre le sol et la partie inférieure de l'antenne). L'amplitude maximale du champ perturbateur doit être déterminée par rotation de l'antenne.

Pour le mesurage de l'amplitude maximale du champ perturbateur le long de lignes radiales disposées dans une direction quelconque, il convient d'orienter l'antenne selon trois axes orthogonaux et l'amplitude mesurée du champ est calculée par

$$E_{\text{sum}} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Dans les cas où des limites sont données pour le champ E , équivalent alors que ce sont les composantes du champ magnétique qui représentent l'amplitude mesurée du champ, l'amplitude du champ H peut être convertie en amplitude du champ E correspondante en utilisant l'impédance d'espace libre de 377Ω et en multipliant la valeur lue pour le champ H par 377. Dans ce cas, le champ H est donné par

$$H_{\text{sum}} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$$

Cette valeur du champ H peut être utilisée directement dans les cas où les limites sont directement données pour l'amplitude du champ magnétique.

Si l'antenne ne peut pas être déplacée selon trois axes orthogonaux, elle peut être tournée manuellement vers la direction donnant la valeur maximale de mesure de l'amplitude du champ perturbateur.

7.7.2.2 Distances de mesure autres que la distance normalisée

S'il n'est pas possible de maintenir la distance normalisée d_{limit} comme spécifié dans la norme de produit ou la norme générique, il convient d'effectuer les mesurages à des distances inférieures ou supérieures à la distance de mesure normalisée dans la direction du rayonnement maximal. Au moins trois mesurages doivent être effectués à des distances différentes, supérieures ou inférieures à la distance de mesure normalisée, s'il n'est pas possible d'utiliser cette dernière.

Les résultats (en décibels) de mesure doivent être reportés sur un graphique en fonction de la distance de mesure sur une échelle logarithmique. Une ligne doit relier les résultats de mesure obtenus. Cette ligne représente la décroissance de l'amplitude du champ et peut servir à déterminer l'amplitude du champ perturbateur à des distances autres que la distance de mesure, par exemple à la distance normalisée.

7.7.3 Mesurages *in situ* d'amplitude du champ dans la plage de fréquences supérieures à 30 MHz

7.7.3.1 Méthode de mesure

L'amplitude du champ électrique perturbateur doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal à la distance normalisée avec l'EUT fonctionnant dans le mode produisant l'amplitude de champ perturbateur la plus élevée. Les amplitudes maximales, en polarisation verticale et en polarisation horizontale, du champ perturbateur, doivent être mesurées à l'aide d'antennes à large bande ayant, dans toute la mesure du possible, une hauteur variant entre 1 m et 4 m. La valeur maximale doit être prise comme valeur mesurée.

Il est recommandé d'utiliser des antennes biconiques pour les mesurages effectués dans la plage de fréquences jusqu'à 200 MHz et des antennes log-périodiques pour les mesurages effectués dans la plage de fréquences au-dessus de 200 MHz. Il convient que la distance entre l'antenne de mesure et tous les obstacles métalliques voisins (y compris les câbles) soit supérieure à 2 m.

7.7.3.2 Distances de mesure autres que la distance normalisée

La distance de mesure normalisée d_{std} est spécifiée dans la norme de produit ou la norme générique. En cas d'impossibilité de respecter la distance de mesure normalisée, le mesurage de l'amplitude du champ perturbateur doit être effectué à des distances différentes, comme décrit en 7.7.2.2. Une scrutation en hauteur de l'antenne doit être effectuée pour chaque mesurage. L'amplitude du champ perturbateur à la distance normalisée d_{std} doit être déterminée conformément à 7.7.2.2 par report sur un graphique donnant l'amplitude du champ mesuré en fonction de la distance de mesure, sur une échelle logarithmique.

S'il n'est pas possible d'effectuer des mesurages à des distances différentes, et si la distance de mesure se réfère au mur extérieur d'un bâtiment ou à la limite des locaux, les résultats de mesure doivent être ramenés à la distance normalisée à l'aide de l'Équation (14).

$$E_{std} = E_{meas} + 20 n \lg \frac{d_{meas}}{d_{std}} \quad (14)$$

où

E_{std} est l'amplitude du champ à la distance normalisée, en dB(μV/m), pour comparaison à la limite d'émission;

E_{meas} est l'amplitude du champ à la distance de mesure, en dB(μV/m);

d_{meas} est la distance de mesure, en mètres;

d_{std} est la distance normalisée, en mètres.

Le facteur n dépend de la distance d_{meas} comme suit:

- si $30 \text{ m} \leq d_{meas}$, $n = 1$;
- si $10 \text{ m} \leq d_{meas} < 30 \text{ m}$, $n = 0,8$;
- si $3 \text{ m} \leq d_{meas} < 10 \text{ m}$, $n = 0,6$.

NOTE La valeur $n < 1$ tient compte de la différence entre la distance de mesure et la distance par rapport à l'EUT.

Les distances de mesure inférieures à 3 m ne doivent pas être utilisées.

S'il n'est pas possible d'effectuer des mesurages à des distances différentes et si l'Équation (14) n'est pas utilisée parce que la distance de mesure ne se réfère pas au mur extérieur d'un bâtiment ou à la limite de locaux, il convient de déterminer l'amplitude du champ par mesurage de la puissance perturbatrice rayonnée (voir 7.7.4).

7.7.4 Mesurage *in situ* de la puissance perturbatrice apparente rayonnée avec la méthode de substitution

7.7.4.1 Conditions générales de mesure

La méthode de substitution peut être utilisée sans condition supplémentaire si, et seulement si, l'EUT peut être mis hors tension et retiré pour la substitution.

Si l'EUT ne peut pas être retiré, et si sa face avant est une grande surface plane, l'effet de cette surface sur la méthode de substitution doit être pris en compte [voir Équation (14)]. Si la face avant de l'EUT ne rentre pas dans un plan bidimensionnel dans la direction de mesure, l'incertitude de mesure supplémentaire n'est pas prise en considération.

Si l'EUT ne peut être mis hors tension, un mesurage par substitution de la puissance rayonnée d'une perturbation demeure possible à une fréquence particulière, en utilisant une fréquence voisine à laquelle le champ perturbateur de l'EUT est au moins 20 dB plus bas que celui à la fréquence considérée («voisine» signifie à une valeur correspondant à une ou deux fois les largeurs de bande FI du récepteur). Il convient que la fréquence soit choisie en tenant compte, dans toute la mesure du possible, du brouillage éventuel des services radioélectriques.

7.7.4.2 Plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

7.7.4.2.1 Distance de mesure

La distance de mesure choisie doit permettre d'effectuer le mesurage en champ lointain. Cette exigence est en général satisfaite si:

- d est plus grand que $\lambda/(2\pi)$ et
- ~~$d \geq 2D^2/\lambda$~~ $d \geq D^2/2\lambda$ (15)

où

- d est la distance de mesure, en mètres;
- D est la dimension maximale de l'EUT et de son câblage, en mètres;
- λ est la longueur d'onde, en mètres;

ou si la distance de mesure d est supérieure ou égale à 30 m. En champ lointain, il peut être pris pour hypothèse que l'exposant n de l'Équation (14) est égal à un (1). Si un mesurage à une distance inférieure est adopté, cette hypothèse peut être validée en utilisant la procédure indiquée en 7.7.3.2 pour vérifier que l'amplitude du champ diminue inversement avec la distance. Si les conditions locales exigent de choisir un mesurage à une distance inférieure, ceci doit être indiqué.

7.7.4.2.2 Méthode de mesure

La puissance apparente rayonnée d'une perturbation doit être mesurée dans la direction du rayonnement maximal avec l'EUT placé dans le mode de fonctionnement produisant le champ perturbateur le plus élevé. La distance de mesure doit être choisie conformément à 7.7.4.2.1 et l'amplitude la plus élevée du champ perturbateur à la fréquence choisie doit être déterminée en faisant varier la hauteur de l'antenne au moins entre 1 m et 4 m, dans la mesure où la pratique le permet.

Pour le mesurage de la puissance apparente rayonnée de la perturbation, les étapes a) à g) suivantes doivent être suivies.

- a) L'EUT doit être déconnecté et retiré. Un doublet demi-onde, ou une antenne ayant des caractéristiques de rayonnement similaires et un gain G connu par rapport à un doublet demi-onde, lui est substitué(e). Si la pratique ne permet pas de retirer l'EUT, un doublet demi-onde ou à large bande (dans la plage de fréquences inférieure à 150 MHz environ,

pour réduire le couplage mutuel avec l'EUT) est placé au voisinage de l'EUT. Le voisinage est défini comme étant une zone allant jusqu'à 3 m.

- b) Le doublet demi-onde (ou à large bande) doit alors être alimenté par un générateur de signal réglé à la même fréquence.
- c) La position et la polarisation du doublet demi-onde (ou d'une antenne à large bande) doivent être telles que le récepteur de mesure reçoit l'amplitude de champ la plus élevée. Si l'EUT n'est pas retiré, il doit alors, si possible, être mis hors tension et le doublet est déplacé dans une zone allant jusqu'à 3 m de l'EUT.
- d) La puissance du signal produit doit être ajustée jusqu'à ce que le récepteur de mesure donne la même lecture que celle correspondant à l'amplitude du champ perturbateur la plus élevée de l'EUT.
- e) Si l'EUT constitue la partie avant d'une grande surface plane (par exemple un bâtiment équipé d'un réseau de télévision par câble), l'antenne de substitution (doublet demi-onde) est placée à environ 1 m devant cette surface (par exemple le mur avant d'un bâtiment). L'emplacement du mesurage de substitution doit être choisi de sorte qu'une ligne imaginaire entre l'antenne de substitution et l'antenne de mesure soit perpendiculaire à la face du bâtiment.
- f) La hauteur, la polarisation et la distance entre le doublet demi-onde (ou l'antenne à large bande) et la surface plane doivent être réglées pour que le récepteur affiche la lecture de l'amplitude de champ la plus élevée.
- g) La puissance du générateur de signal doit être réglée comme décrit en d).

Pour les EUT retirés et les EUT qui ne peuvent pas être retirés (voir les étapes a) et c), respectivement), la puissance au niveau du générateur de signal, P_g , plus le gain G de l'antenne émettrice par rapport à un doublet demi-onde génère la puissance apparente rayonnée de la perturbation, P_r , à mesurer:

$$P_r = P_g + G \quad (16)$$

Pour les EUT ayant une grande surface plane (par exemple des bâtiments équipés de réseaux de télécommunications), l'augmentation du gain du doublet placé devant cette surface est donnée par:

$$P_r = P_g + G + 4 \text{ dB} \quad (17)$$

où

P_r est en dB(pW);

P_g est en dB(pW); et

G est en dB.

La puissance apparente rayonnée de la perturbation peut être utilisée pour calculer l'amplitude du champ perturbateur à la distance de mesure normalisée d_{std} . L'amplitude du champ en espace libre $E_{\text{espace libre}}$ doit être calculée en utilisant l'équation suivante:

$$E_{\text{espace libre}} = \frac{\sqrt{P_r}}{d_{std}} \quad (18)$$

où

$E_{\text{espace libre}}$ est en $\mu\text{V/m}$;

P_r est en pW; et

d_{std} est en m.

Si l'amplitude de champ en espace libre calculée selon l'Équation (21) est comparée aux limites de l'amplitude du champ perturbateur mesurée sur un emplacement d'essai normalisé, l'amplitude du champ mesurée sur un emplacement d'essai normalisé doit être considérée comme approximativement 6 dB au-dessus de l'amplitude de champ en espace libre de l'Équation (21) en raison des réflexions du plan de masse. L'Équation (21) peut être modifiée pour tenir compte de cette différence. L'amplitude du champ perturbateur à la distance normalisée E_{std} peut donc être calculée pour la polarisation verticale avec l'équation suivante:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 22,9 \quad (19)$$

Pour une polarisation horizontale en dessous de 160 MHz, l'amplitude maximale du champ n'est pas mesurée sur des emplacements d'essai normalisés. Par conséquent, le facteur de 6 dB doit être corrigé à l'aide de l'équation suivante, pour laquelle le Tableau 6 indique plusieurs valeurs calculées:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 16,9 + (6 - c_c) \quad (20)$$

où

E_{std} est en dB(μV/m);

f est la fréquence de mesure;

d_{std} est en m; et

c_c est le facteur de correction en polarisation horizontale. Celui-ci a été établi en prenant pour hypothèse une source rayonnante à 1 m de haut.

Cette méthode de détermination de l'amplitude du champ perturbateur peut être employée principalement s'il existe des obstacles entre l'antenne de mesure et l'EUT.

Tableau 6 – Facteurs de correction en polarisation horizontale en fonction de la fréquence

f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

7.7.4.3 Plage de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

7.7.4.3.1 Distance de mesure

La distance de mesure choisie doit permettre d'effectuer le mesurage en champ lointain. La condition de champ lointain doit être vérifiée en mesurant la puissance perturbatrice rayonnée, en fonction de la distance, avec une antenne cornet guide d'ondes à double mouture ou avec une antenne log-périodique. Cette exigence est satisfaite si la distance de mesure est supérieure ou égale à la distance de transition. La distance de transition est signalée par le point de transition qui doit être déterminé comme représenté à la Figure 22. Les résultats de mesure doivent être portés sur un graphique et deux lignes parallèles séparées de 5 dB doivent encadrer le plus grand nombre possible de résultats de mesure; le point de transition est le point d'intersection des lignes et après lequel la puissance rayonnée décroît de 20 dB par décade.

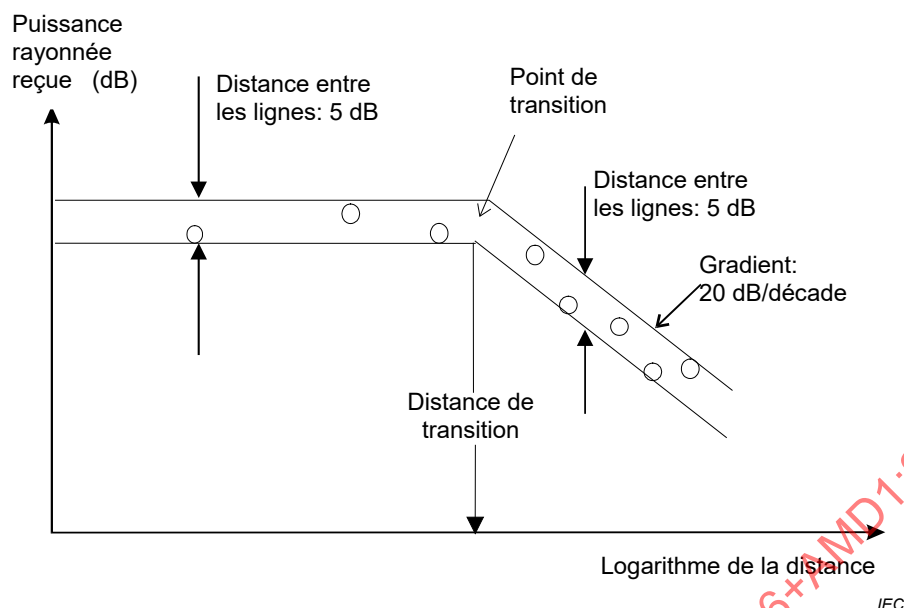


Figure 22 – Détermination de la distance de transition

7.7.4.3.2 Méthode de mesure

La puissance perturbatrice rayonnée doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal de l'EUT, celui-ci étant dans le mode de fonctionnement produisant le champ perturbateur le plus élevé. Une antenne cornet guide d'ondes à double moulure ou une antenne log-périodique doit être utilisée pour déterminer la direction de rayonnement maximal. La distance de mesure doit alors être choisie conformément à 7.7.4.2.1 et l'amplitude du champ perturbateur est mesurée à la fréquence sélectionnée. La position de l'antenne doit être légèrement modifiée pour confirmer que l'amplitude du champ mesurée ne correspond pas à une valeur minimale locale (par exemple en raison de réflexions).

Pour le mesurage de la puissance perturbatrice rayonnée, l'EUT doit être déconnecté et une antenne cornet à double moulure ou une antenne log-périodique doit être placée soit à proximité immédiate de l'EUT soit à la place de ce dernier. L'antenne doit être alors alimentée par un générateur de signal fonctionnant à la même fréquence. L'orientation de l'antenne doit être telle que le récepteur de mesure reçoit l'amplitude de champ la plus élevée. Cette position de l'antenne doit être fixe. La puissance du signal produit doit être ajustée jusqu'à ce que le récepteur d'essai reçoive la même puissance que celle produite par l'EUT. La puissance du générateur de signal P_g plus le gain G de l'antenne émettrice par rapport à un doublet demi-onde donne la puissance rayonnée exigée pour la perturbation P_r :

$$P_r = P_g + G \quad (21)$$

où

P_r est en dB(pW);
 P_g est en dB(pW); et
 G est en dB.

7.7.5 Documentation des résultats de mesure

Il convient de documenter les circonstances particulières et les conditions des mesurages *in situ* pour permettre de reproduire les conditions de fonctionnement si les mesurages sont répétés. Il convient que la documentation comporte

- les raisons justifiant les mesurages *in situ* au lieu de mesurages effectués sur un emplacement d'essai normalisé,
 - la description de l'EUT,
 - la documentation technique,
 - les plans à l'échelle de l'emplacement de mesure, indiquant les points auxquels les mesurages ont été effectués;
 - la description de l'installation mesurée,
 - les détails de toutes les connexions entre l'installation mesurée et l'EUT: les données techniques et les détails concernant leur emplacement/configuration;
 - la description des conditions de fonctionnement,
 - les détails concernant les matériels de mesure;
 - les résultats de mesure:
 - la polarisation des antennes;
 - les valeurs mesurées: la fréquence, le niveau relevé et le niveau de perturbation;
- NOTE Le niveau de perturbation est le niveau correspondant à la distance de mesure normalisée.
- l'évaluation du degré de brouillage (le cas échéant).

7.7.6 Incertitude de mesure pour la méthode *in situ*

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.8 Mesurages de substitution (30 MHz à 18 GHz)

7.8.1 Généralités

La méthode de substitution a pour objet de mesurer les perturbations radioélectriques rayonnées par l'enceinte, y compris le câblage et les circuits à l'intérieur de l'enceinte, d'un matériel en essai. L'EUT peut être soit une unité autonome sans aucun accès de connexion, soit équipé d'un ou de plusieurs accès pour l'alimentation et d'autres connexions externes. Pour les futures normes de produits, les comités de produits sont invités à utiliser la méthode de mesure d'amplitude de champ décrite en 7.6 pour la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz.

7.8.2 Emplacement d'essai

L'emplacement d'essai doit être une surface plane. Les emplacements en intérieur peuvent être utilisés, mais nécessitent parfois des configurations particulières, notamment dans la partie supérieure de la plage de fréquences, afin de satisfaire aux exigences de réflexions stables et non critiques de l'environnement, par exemple, un réflecteur dièdre ajouté à l'antenne de mesure et un mur absorbant derrière l'EUT. L'aptitude à l'emploi de l'emplacement doit être déterminée comme suit.

Deux doublets demi-onde horizontaux, désignés par A et B (voir également 7.8.3), doivent être placés en parallèle, à la même hauteur h , à au moins 1 m du sol et espacés de la distance de mesure d . Le doublet B doit être connecté à un générateur de signal et le doublet A doit être connecté à l'entrée du récepteur de mesure. Le générateur de signal doit être accordé afin de donner une lecture maximale sur le récepteur de mesure, sa sortie devant être réglée à un niveau convenable. L'emplacement doit être considéré comme approprié aux objectifs de mesure à la fréquence d'essai si la lecture sur le récepteur de mesure ne varie pas de plus de $\pm 1,5$ dB lorsque le doublet B est déplacé de 100 mm dans une direction quelconque. L'essai doit être répété dans toute la plage de fréquences à des intervalles de fréquences suffisamment petits pour s'assurer que l'emplacement satisfait à tous les mesurages prévus. Si un EUT exige également un mesurage avec une polarisation verticale

(voir 7.8.4), l'essai d'aptitude à l'emploi de l'emplacement doit être répété avec les deux doublets placés en polarisation verticale.

7.8.3 Antennes d'essai

Les antennes d'essai A et B représentées à la Figure 23 ont été décrites ci-dessus comme des doublets demi-onde. Pour la plage de fréquences inférieures à 1 GHz, cette exigence s'applique tout d'abord à l'antenne d'émission B pour laquelle la puissance rayonnée, dans la direction de rayonnement maximal, doit pouvoir être reliée à la puissance aux bornes de l'antenne B. Il convient que l'antenne de mesure A soit également un doublet demi-onde. Sa sensibilité réelle est prise en compte dans l'étalonnage de substitution de la configuration d'essai. Dans la plage de fréquences de 1 GHz à 18 GHz, des antennes cornet à polarisation linéaire sont recommandées.

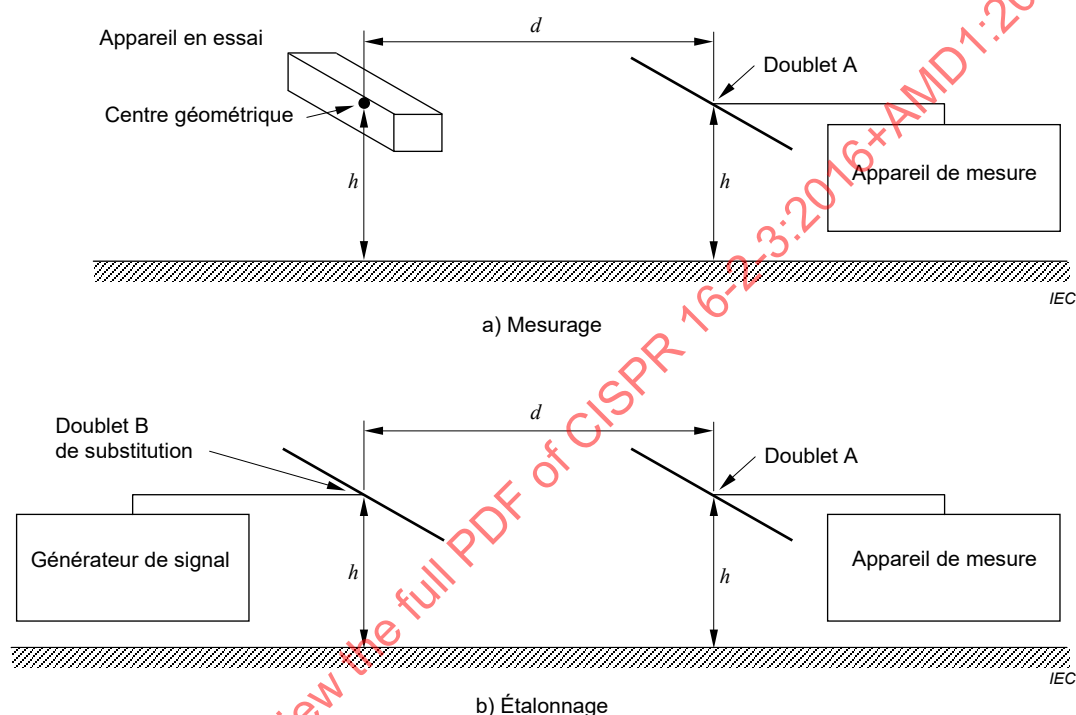


Figure 23 – Géométries d'installation d'essai dans le cas de la méthode de substitution pour: a) mesurage, b) étalonnage

7.8.4 Configuration de l'EUT

L'EUT doit être placé sur une table non conductrice permettant de le faire tourner dans un plan horizontal (azimut). L'EUT doit être disposé de façon que son centre géométrique coïncide avec le point central utilisé précédemment pour le doublet B (voir Figure 23). Si l'EUT comporte plus d'une unité, les mesurages doivent être effectués sur chacune d'entre elles séparément. Il convient de retirer les câbles détachables de l'EUT si cela n'affecte pas son fonctionnement. Les câbles exigés doivent être équipés d'anneaux de ferrite absorbants et placés de façon à ne pas influencer les mesurages. Pour les EUT blindés, tous les connecteurs non utilisés doivent avoir des terminaisons blindées.

7.8.5 Procédure d'essai

L'EUT étant installé comme décrit en 7.8.4, le doublet A de mesure à polarisation horizontale doit être placé dans la même position que lors des vérifications de l'emplacement d'essai. Le doublet doit être perpendiculaire à un plan vertical passant par son centre et celui de l'EUT. L'EUT est d'abord mesuré en position normale posé sur une table, puis incliné à 90° sur un

côté normalement vertical. Dans chaque position, il doit effectuer une rotation de 360° dans le plan horizontal. La lecture la plus élevée doit correspondre à la valeur caractéristique de l'EUT.

Le système de mesure est étalonné en remplaçant l'EUT par un doublet B demi-onde. Le centre de ce doublet B d'étalonnage doit être placé au même endroit que le centre géométrique de l'EUT mesuré précédemment, parallèlement à l'antenne de mesure A et connecté à un générateur de signal. La puissance rayonnée de l'enceinte de l'EUT est définie comme étant la puissance aux bornes du doublet B demi-onde lorsque le générateur de signal est réglé pour donner la même lecture sur le récepteur de mesure que la lecture maximale enregistrée précédemment (Y), à chaque fréquence de mesure.

Lorsque les mesurages sont effectués avec des doublets de mesure à polarisation verticale et horizontale, des étalonnages séparés doivent être effectués pour les deux modes.

7.8.6 Incertitude de mesure pour la méthode de substitution

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.9 Mesurages en chambre réverbérante (80 MHz à 18 GHz)

Les mesurages des émissions rayonnées peuvent être effectués dans des chambres réverbérantes en appliquant les méthodes spécifiées dans l'IEC 61000-4-21. Les conditions d'utilisation de méthodes d'essai alternatives sont spécifiées dans la CISPR 16-4-5. Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.10 Mesurages avec des guides d'ondes TEM (30 MHz à 18 GHz)

Les mesurages des émissions rayonnées peuvent être effectués avec des guides d'ondes TEM en appliquant les méthodes spécifiées dans l'IEC 61000-4-20. Les conditions d'utilisation de méthodes d'essai alternatives sont spécifiées dans la CISPR 16-4-5. Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.11 Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (9 kHz à 30 MHz)

7.11.1 Mesurande

La grandeur à mesurer est l'amplitude de champ magnétique maximale émise par l'EUT, à chacune des trois directions orthogonales X, Y et Z comme cela est représenté à la Figure 25 et à la Figure 26 (voir 7.11.3), le point de référence de l'antenne de réception étant réglé sur 1,3 m en dessus du plan de masse, à une distance de mesure horizontale par rapport à l'EUT, comme cela est spécifié dans la norme de produit applicable, sur tous les angles dans le plan d'azimut. Cette grandeur doit être déterminée compte tenu des dispositions suivantes:

- la plage de fréquences concernée est comprise entre 9 kHz et 30 MHz;
- la grandeur doit être exprimée en dB(μ A/m);
- un emplacement de mesure propre au SAC/OATS et conforme aux exigences de validation applicables de la CISPR 16-1-4 doit être utilisé;
- un récepteur de mesure conforme à la CISPR 16-1-1 et une antenne-cadre conforme à la CISPR 16-1-4, doivent être utilisés;
- la distance de mesure peut être de 3 m, 5 m, ou 10 m, et il convient de l'utiliser en tenant compte de la restriction donnée dans le Tableau 10 (voir le 7.1.2.1);
- la distance de mesure est la projection horizontale par rapport au plan de masse de la distance entre la limite de l'EUT et le point de référence de l'antenne;

- g) le point de référence de l'antenne-cadre doit être le centre du cadre;
- h) les trois orientations de l'antenne-cadre doivent être conformes aux caractéristiques suivantes:
 - X – le plan de l'antenne-cadre est perpendiculaire au plan de masse et perpendiculaire à l'axe de mesure (ligne reliant la projection du point de référence de l'antenne-cadre par rapport au plan de masse au centre du plateau tournant);
 - Y – le plan de l'antenne-cadre est perpendiculaire au plan de masse et coplanaire par rapport à l'axe de mesure;
 - Z – le plan de l'antenne-cadre est parallèle au plan de masse.
- i) la configuration et le fonctionnement de l'EUT sont conformes aux spécifications CISPR;
- j) des facteurs d'antenne en champ magnétique (voir le 3.1.2.5 de la CISPR 16-1-6: 2014 [2]) doivent être utilisés.

NOTE Certaines normes admettent le mesurage à une distance de 30 m. Cependant, cette distance n'est pas spécifiée en raison de la disponibilité rare des emplacements d'essai de 30 m.

Le mesurande H est déduit de la lecture de tension maximale V_r en utilisant le facteur d'antenne en champ magnétique F_{aH} suivant l'Équation (23):

$$H = V_r + A_c + F_{aH} \quad (23)$$

où

H	est l'amplitude de champ magnétique exprimée en dB(μA/m) comme dans la description du mesurande;
V_r	est la tension maximale de réception exprimée en dB(μV) conformément aux dispositions de la description du mesurande;
A_c	est la perte en dB du câble entre l'antenne-cadre et le récepteur de mesure;
F_{aH}	est le facteur d'antenne en champ magnétique de l'antenne-cadre exprimé en dB(Ω ⁻¹ m ⁻¹).

7.11.2 Exigences relatives à l'emplacement d'essai

L'emplacement d'essai doit être conforme aux spécifications de la CISPR 16-1-4 de 9 kHz à 30 MHz, concernant ses propriétés physiques et électriques et pour sa validation de l'emplacement.

7.11.3 Méthode générale de mesure

La Figure 25 relative aux EUT posés sur table et la Figure 26 relative aux EUT posés au sol représentent le concept de l'installation pour les mesurages des perturbations rayonnées effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC).

L'EUT est installé à la hauteur spécifiée au-dessus du plan de masse et mis dans les conditions normales de fonctionnement, conformément au 6.4. L'antenne-cadre est placée à la distance de mesure et à une hauteur au-dessus du plan de masse qui sont spécifiées.

Le point d'alimentation de l'antenne-cadre doit être réglé comme cela est représenté à la Figure 27. La figure représente deux emplacements alternatifs du point d'alimentation, dont l'un des deux est applicable pour le mesurage. Toutefois, pour des raisons pratiques, l'emplacement supérieur constitue l'emplacement préférentiel pour les orientations X et Y [24], [25].

Pour chaque orientation de l'antenne-cadre, la rotation de l'EUT est effectuée dans le plan horizontal pour déterminer le niveau maximal à chaque fréquence d'émission.

Si les câbles ont une influence sur le résultat de mesure, il convient qu'ils soient équipés de noyaux de ferrite. Il est recommandé que les ferrites d'une impédance minimale de 50Ω à 25 MHz soient placées sur les câbles de l'antenne-cadre tous les 20 cm sur toute leur longueur l'objet.

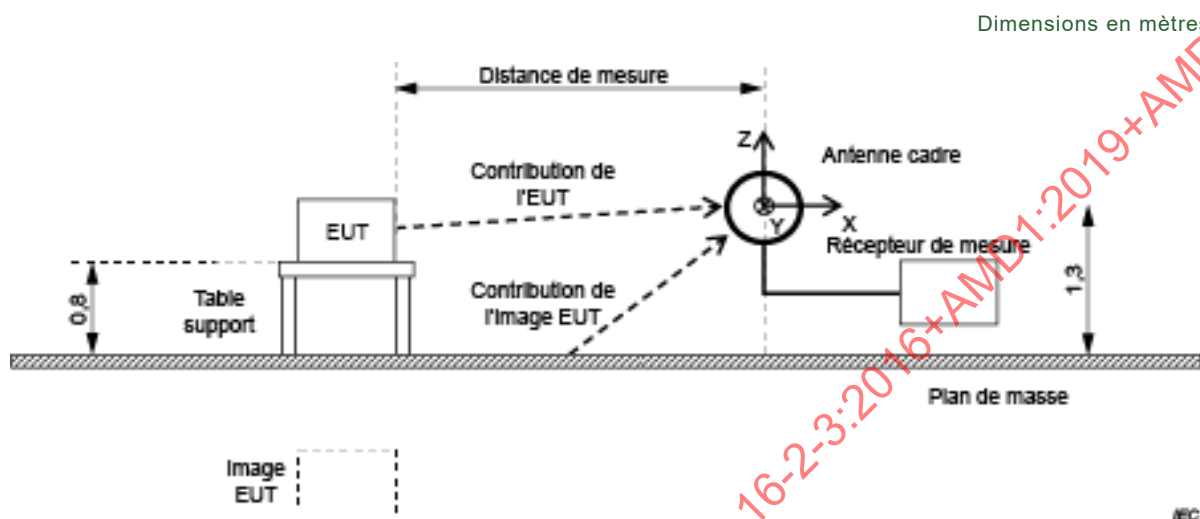


Figure 25 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé sur table

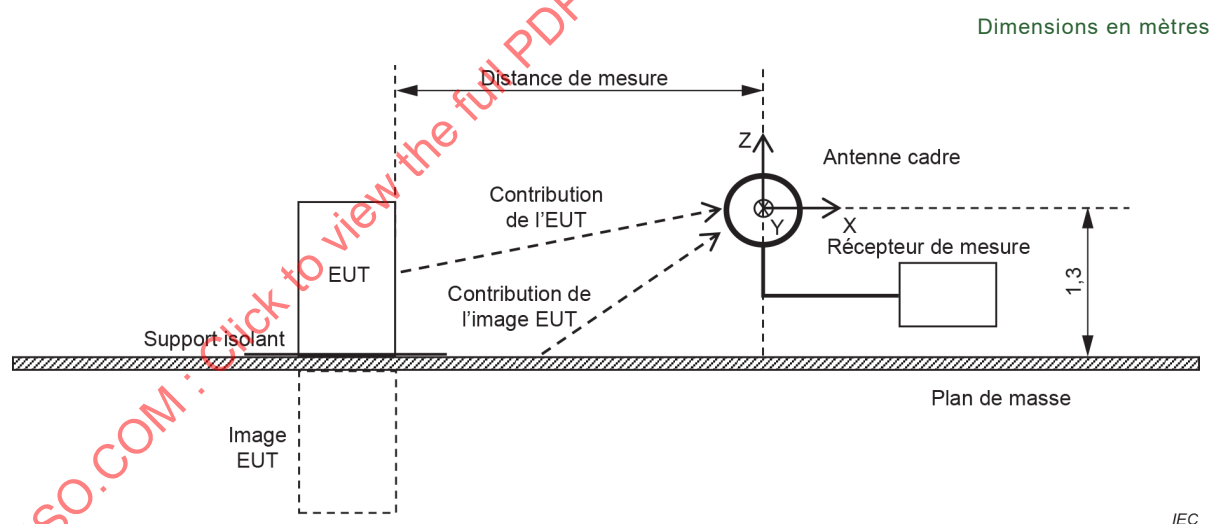


Figure 26 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé au sol

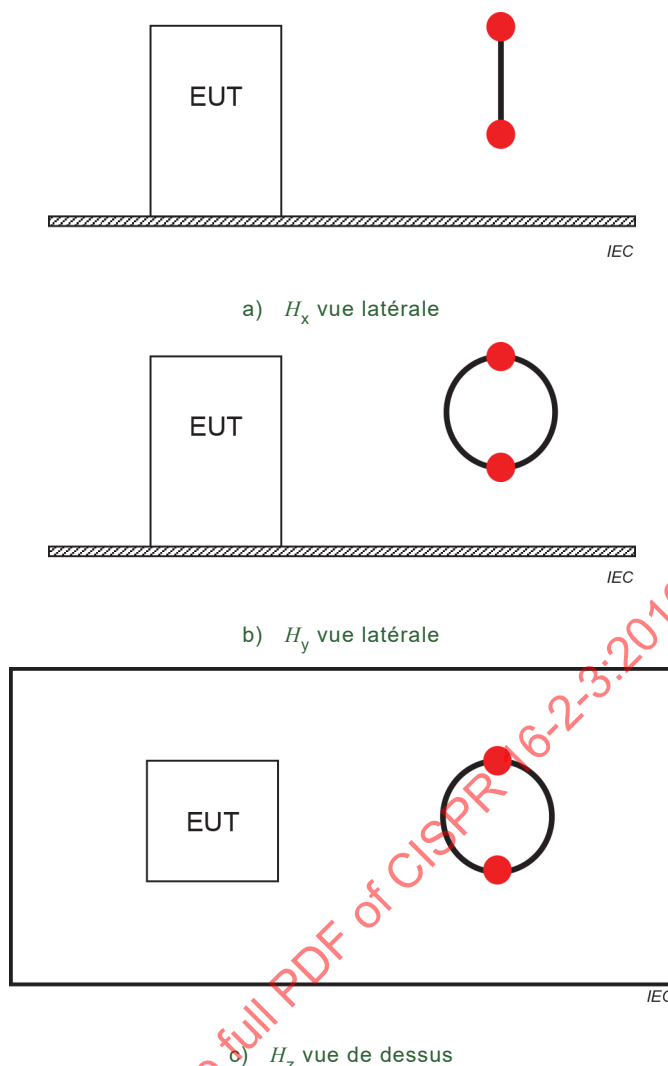


Figure 27 – Emplacement du point d'alimentation

7.11.4 Distance de mesure et dimensions de l'EUT

La distance de mesure est la projection horizontale par rapport au plan de masse de la distance entre le bord de l'EUT (voir la Figure 8) et le point de référence de l'antenne.

Si des limites sont définies à une distance supérieure à 10 m (par exemple 30 m), les résultats doivent être extrapolés à l'aide des procédures spécifiées dans la norme de produit applicable. Si de telles procédures ne sont pas spécifiées dans la norme de produit applicable, la procédure décrite en 7.7.2.2 peut être utilisée en lieu et place. Le rapport d'essai doit décrire le processus d'extrapolation.

NOTE Compte tenu du fait que des mesurages dans cette plage de fréquences sont toujours réalisés dans le champ proche de la source de rayonnement, l'extrapolation ne suit pas la loi simple de fonction inverse de la distance.

Il convient que la dimension de l'EUT ne dépasse pas le volume maximal de l'EUT indiqué dans le Tableau 10 (voir le 7.1.2.1).

7.11.5 Hauteur de l'antenne

Pour mesurer l'amplitude de champ magnétique, le point de référence de l'antenne-cadre doit être réglé à une hauteur de 1,3 m au-dessus du plan de masse. Cette hauteur s'applique à toutes les orientations d'antenne X, Y, et Z.

7.11.6 Détails à fournir dans la spécification de la norme de produit

7.11.6.1 Généralités

Outre la spécification de la méthode de mesure détaillée et des paramètres de perturbation à mesurer, les normes de produits doivent inclure d'autres détails pertinents, exposés dans les paragraphes suivants.

7.11.6.2 Environnement d'essai

L'influence de l'environnement d'essai doit être prise en considération afin d'assurer un fonctionnement correct de l'EUT. Les paramètres importants de l'environnement physique doivent être spécifiés, par exemple la température et l'humidité.

L'environnement électromagnétique nécessite une considération toute particulière afin d'assurer l'exactitude des mesurages de perturbation. Il convient que les niveaux de bruit radioélectrique ambiants mesurés sur l'emplacement d'essai avec l'EUT hors tension soient au moins de 6 dB inférieurs à la limite. Il est admis que cette marge ne peut pas toujours être réalisée à toutes les fréquences. Cependant, dans le cas où les niveaux mesurés des émissions de bruit radioélectrique ambiant plus celles de l'EUT ne sont pas supérieures à la limite, l'EUT doit être considéré comme étant conforme à cette dernière. Pour des recommandations supplémentaires concernant les niveaux de bruit ambiant et les erreurs de mesure résultantes, se reporter à 6.2.2 et à l'Annexe A.

Si le niveau d'amplitude du champ ambiant à des fréquences s'inscrivant dans les plages de mesure spécifiées dépasse la ou les limites, les solutions alternatives suivantes peuvent être appliquées:

- a) effectuer les mesurages à une distance plus courte (soit 3 m ou 5 m au lieu de 10 m; ou 3 m au lieu de 5 m) et extrapoler les résultats à la distance pour laquelle la limite est spécifiée. La formule d'extrapolation doit satisfaire à la recommandation de la norme de produit applicable, ou doit être vérifiée par des mesurages à au moins trois distances différentes. Cette solution n'est pas applicable si la distance de mesure spécifiée est de 3 m;
- b) comparer l'amplitude de la perturbation de l'EUT à la fréquence étudiée et l'amplitude de la perturbation d'une fréquence voisine associée ou non associée, à l'intérieur d'une autre chambre blindée ou d'une chambre blindée à revêtement absorbant qui n'est pas nécessairement un emplacement d'essai de conformité (COMTS). L'amplitude de la perturbation de l'EUT à la fréquence étudiée peut être estimée en mesurant l'amplitude de la perturbation de fréquence adjacente et en établissant une comparaison;
- c) utiliser un récepteur de mesure avec une largeur de bande plus étroite pour les perturbations à bande étroite de l'EUT proches d'un environnement électromagnétique RF, qui sont tous deux situés dans la largeur de bande normalisée, voir le A.4.

7.11.6.3 Conditions de fonctionnement et configuration de l'EUT

Les conditions de fonctionnement et la configuration du matériel en essai (EUT) sont détaillées en 6.4.

Pour des matériels en essai (EUT) posés sur table, la hauteur de la table doit être de 0,8 m. Les EUT posés au sol doivent être séparés de tout contact métallique avec le plan de masse par une isolation allant jusqu'à 15 cm.

7.11.7 Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en considération concernant les incertitudes des essais CEM normalisés sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1. Les aspects liés à l'incertitude de l'instrumentation de mesure, spécifiques aux résultats des mesurages des perturbations rayonnées sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou une chambre semi-anéchoïque (SAC) dans la plage de fréquences comprise entre 9 kHz et 30 MHz, sont indiqués dans la CISPR 16-4-2.

7.11.8 Mesurages de l'amplitude de champ à d'autres emplacements

Pour des raisons d'ordre pratique, les emplacements d'essai similaires à l'emplacement d'essai en espace libre (OATS), mais sans plan de masse en métal peuvent être spécifiés pour certains produits, par exemple les appareils ISM et les véhicules à moteur. Pour les emplacements de mesure en extérieur (OTS), le point de référence de l'antenne de réception est réglé à 1,3 m au-dessus de la surface. Les autres dispositions de 7.11.1 (à l'exception du point c)), l'emplacement du point d'alimentation en 7.11.3 et de 7.11.4 à 7.11.6 doivent rester applicables.

8 Mesurage automatisé des émissions

8.1 Introduction – Précautions à prendre pour les mesurages automatisés

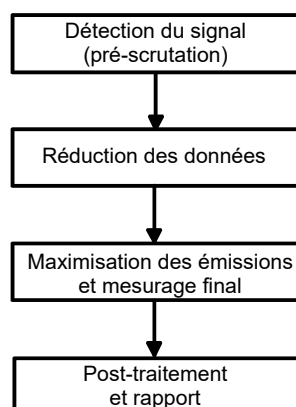
L'automatisation peut supprimer une grande partie du côté fastidieux de l'exécution des mesurages répétés de brouillage électromagnétique. Les erreurs de l'opérateur dans la lecture et l'enregistrement des valeurs mesurées sont réduites. Toutefois, l'utilisation d'un ordinateur pour recueillir les données peut introduire de nouvelles formes d'erreurs qui auraient pu être détectées par un opérateur. Les essais automatisés peuvent conduire, dans certaines situations, à une incertitude de mesure dans les données recueillies plus grande que celle des mesurages manuels effectués par un opérateur qualifié. Fondamentalement, il n'y a pas de différence dans l'exactitude avec laquelle une valeur d'émission est mesurée, que ce soit manuellement ou sous la commande d'un logiciel. Dans les deux cas, l'incertitude de mesure est basée sur les spécifications d'exactitude du matériel utilisé dans l'installation d'essai. Des difficultés peuvent toutefois apparaître lorsque la situation réelle de mesure est différente de celle des scénarios pour lesquels le logiciel a été configuré.

Par exemple, l'émission d'un EUT à une fréquence proche d'un signal ambiant de niveau élevé peut ne pas être mesurée avec exactitude si le signal ambiant est présent pendant l'essai automatique. Il est plus probable, toutefois, qu'un opérateur averti distingue le brouillage réel du signal ambiant, permettant ainsi d'adapter si nécessaire la méthode de mesure de l'émission de l'EUT. Toutefois, un temps précieux peut être gagné sur les essais en effectuant des scrutations ambiantes, le matériel en essai étant hors tension, avant les mesurages d'émissions réelles, afin d'enregistrer les signaux ambiants présents sur l'OATS. Dans ce cas, le logiciel peut être capable d'avertir l'opérateur de la présence possible de signaux ambiants à certaines fréquences en utilisant des algorithmes appropriés d'identification du signal. L'interaction de l'opérateur est recommandée si l'émission de l'EUT varie lentement, si le cycle d'apparition de cette dernière est faible ou si des signaux ambiants transitoires peuvent se produire (par exemple transitoires de soudage à l'arc).

8.2 Procédure générale de mesure

Il est nécessaire que le récepteur de brouillage électromagnétique intercepte les signaux avant qu'ils puissent être maximisés et mesurés. L'utilisation du détecteur de quasi-crête pendant le processus de maximisation des émissions pour toutes les fréquences du spectre considéré conduit à des durées d'essai excessives (voir 6.6.2). Les processus chronophages, comme les scrutations en hauteur de l'antenne, ne sont pas exigés pour chaque fréquence d'émission. Il convient que ces processus soient limités aux fréquences auxquelles l'amplitude de crête de l'émission mesurée est supérieure ou proche de la limite d'émission. En conséquence, seules les émissions aux fréquences critiques dont les amplitudes sont

proches de la limite ou la dépassent sont maximisées et mesurées. Le processus générique présenté à la Figure 24 conduit à une réduction de la durée de mesure.



IEC

Figure 24 – Processus de réduction de la durée de mesure

8.3 Mesurages par préscrutation

8.3.1 Généralités

Les objectifs de cette étape initiale de la procédure complète de mesure sont multiples. La préscrutation impose le moins de restrictions et d'exigences au système d'essai du fait que son objectif principal est de réunir une quantité minimale d'informations sur lesquelles sont basés les paramètres des essais ou des scrutations complémentaires. Ce mode de mesure peut être utilisé pour l'essai d'un nouveau produit, lorsque peu d'informations sont connues sur son spectre d'émission. En général, la préscrutation est une procédure d'acquisition de données utilisée pour déterminer, dans la plage de fréquences considérée, l'emplacement des signaux significatifs. En fonction de l'objectif de ce mesurage, l'utilisation d'un pylône d'antenne et d'un plateau tournant en mouvement peut être nécessaire (pour l'essai des émissions rayonnées), ainsi qu'une amélioration de l'exactitude en fréquence (par exemple pour un traitement ultérieur sur un OATS) et une réduction des données par comparaison des amplitudes. Ces facteurs définissent la séquence de mesure pendant l'exécution de la préscrutation. Dans tous les cas, les résultats sont enregistrés dans une liste de signaux pour traitement ultérieur. Lorsqu'un mesurage par préscrutation est effectué pour obtenir rapidement des informations sur le spectre d'émission inconnu d'un EUT, une scrutation en fréquence peut être effectuée en appliquant les considérations de 6.6.

8.3.2 Détermination de la durée de mesure exigée

Si le spectre d'émission et, notamment, l'intervalle maximal de répétition des impulsions T_p de l'EUT, sont inconnus, ces éléments doivent être analysés pour s'assurer que la durée de mesure T_m n'est pas plus courte que T_p . Le caractère intermittent des émissions d'un EUT revêt une importance toute particulière pour les crêtes critiques du spectre d'émission. Il convient de déterminer en premier lieu à quelles fréquences l'amplitude de l'émission n'est pas stable. Ceci peut être effectué en comparant le maintien du maximum avec le maintien du minimum ou la fonction «effacer/écrire» de l'appareil de mesure ou du logiciel, et en observant l'émission pendant 15 s. Pendant cette période, il convient de n'effectuer aucune modification de l'installation d'essai (pas de modification de câble dans le cas d'une émission conduite, pas de mouvement de la pince absorbante, pas de mouvement du plateau tournant ou de l'antenne dans le cas d'une émission rayonnée). Les signaux ayant par exemple plus de 2 dB de différence entre le résultat du maintien du maximum et le résultat du maintien du minimum sont marqués comme des signaux intermittents. (Il convient de veiller à ne pas marquer le bruit comme un signal intermittent).

Dans le cas des émissions rayonnées, la polarisation de l'antenne est modifiée et le mesurage est répété pour réduire le risque de ne pas déterminer certaines crêtes intermittentes du fait qu'elles restent en dessous du niveau de bruit. L'intervalle de répétition des impulsions T_p peut être mesuré à partir de chaque signal intermittent, en utilisant le mode intervalle nul ou un oscilloscope relié à la sortie FI du récepteur de mesure. La durée de mesure correcte peut également être déterminée en l'augmentant jusqu'à ce que la différence entre l'affichage du maintien du maximum et celui de la fonction «effacer/écrire» soit inférieure par exemple à 2 dB. Pendant les mesurages suivants (maximisation et mesurage final), il doit être garanti, pour chaque partie de la plage de fréquences, que la durée de mesure T_m n'est pas inférieure à l'intervalle de répétition des impulsions applicable T_p .

8.3.3 Exigences relatives à la présélection pour différents types de mesurages

Le type de mesurage détermine la définition d'un mesurage de présélection de la façon suivante:

- Pour les émissions rayonnées dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz, par exemple conformément à la CISPR 11, il est nécessaire de faire tourner à la fois l'antenne-cadre et l'EUT pour déterminer l'amplitude de champ maximale pendant que le récepteur scrute le spectre d'émission.
- Dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz, la hauteur de l'antenne peut être prééglée à des hauteurs fixes données dans le Tableau 7, basées sur la distance de mesure, la plage de fréquences et la polarisation. Les mesurages nécessaires par présélection doivent être effectués pour un nombre suffisant d'azimuts de l'EUT. Pour une vue d'ensemble rapide des mesurages, cela donne une indication sur les amplitudes des émissions rayonnées comme point de départ pour la maximisation finale. Si une détermination plus détaillée du cas le plus défavorable de hauteur d'antenne, de polarisation et d'azimut de l'EUT est souhaitée, il convient d'utiliser la norme applicable pour déterminer la procédure appropriée de maximisation.
- Dans la plage de fréquences au-dessus de 1 GHz, il est nécessaire que l'antenne soit en polarisation horizontale et en polarisation verticale et que l'EUT effectue une rotation pour déterminer l'amplitude de champ maximale pendant la sélection du spectre d'émission. Pour les détails de la méthode d'essai, voir 7.6.6.1.

Tableau 7 – Hauteurs d'antenne recommandées pour garantir l'interception du signal (pour la préscrutation) dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

Distance de mesure m	Polarisation h – horizontale v – verticale	Plage de fréquences MHz	Hauteurs d'antenne recommandées pour chaque plage de fréquences (minimum / maximum) m
3	h	30 à 100	2,5
		100 à 250	1 / 2
		250 à 1 000	1 / 1,5
	v	30 à 100 100 à 250 250 à 1 000	1 1 / 2 1 / 1,5 / 2
10	h	30 à 100	4
		100 à 200	2,5 / 4
		200 à 400	1,5 / 2,5 / 4
		400 à 1 000	1 / 1,5 / 2,5
	v	30 à 200	1
		200 à 300 300 à 600 600 à 1 000	1 / 3,5 1 / 2 / 3,5 1 / 1,5 / 2 / 3,5
30	h	30 à 300	4
		300 à 500	2,5 / 4
		500 à 1 000	1,5 / 2,5 / 4
	v	30 à 500 500 à 800 800 à 1 000	1 1 / 3,5 1 / 2,5 / 3,5
a) Les hauteurs d'antenne recommandées sont déduites des hauteurs du centre de phase de la source, entre 0,8 m et 2,0 m, pour des erreurs maximales de 3 dB (ce qui est acceptable uniquement pour une préscrutation). Si la plage de hauteurs du centre de phase est réduite, le nombre de hauteurs de l'antenne de réception peut également être réduit. S'il existe des diagrammes de rayonnement à plusieurs lobes (crêtes et zéros distincts), par exemple dans les plages des fréquences les plus élevées, il peut être nécessaire d'augmenter le nombre de hauteurs d'antenne. b) Pour des EUT de très grandes dimensions, par exemple des systèmes de télécommunications, il peut être nécessaire de placer l'antenne de réception dans plusieurs positions verticales et horizontales, en fonction de la largeur du faisceau de l'antenne.			

8.4 Réduction des données

La deuxième étape de la procédure complète de mesure est utilisée pour réduire le nombre des signaux recueillis pendant la préscrutation et a donc pour objectif de réduire davantage la durée totale de mesure. Ces procédés peuvent effectuer différentes tâches, par exemple, la détermination des signaux significatifs dans le spectre, la discrimination entre les signaux ambiants ou provenant de matériels auxiliaires et ceux de l'EUT, la comparaison des signaux à des limites, ou la réduction des données sur la base de règles définissables par l'utilisateur. Un autre exemple des méthodes de réduction des données par l'utilisation en séquence de différents détecteurs et des comparaisons de l'amplitude par rapport à la limite est donné par l'arbre de décision de l'Annexe C de la CISPR 16-2-1:2014. La réduction des données peut être effectuée de façon entièrement automatique ou interactive en utilisant des outils logiciels ou une interaction manuelle de l'opérateur. Il n'est pas nécessaire qu'elle constitue une partie séparée des essais automatisés, c'est-à-dire qu'elle peut faire partie de la préscrutation.

Dans certaines plages de fréquences, notamment dans la bande FM, une discrimination acoustique des signaux ambiants est très efficace. Ceci demande une démodulation des

signaux pour écouter le contenu de leur modulation. Si une liste en sortie d'une préscrutation contient un grand nombre de signaux et si une discrimination acoustique se révèle nécessaire, le processus peut être relativement long. Toutefois, si les plages de fréquences dans lesquelles un accord et une écoute sont nécessaires peuvent être spécifiées, seuls les signaux se situant dans ces plages sont démodulés. Les résultats du processus de réduction des données sont enregistrés dans une liste de signaux séparée pour traitement ultérieur.

8.5 Maximisation des émissions et mesurage final

Pendant l'essai final, les émissions sont maximisées pour déterminer leur niveau le plus élevé. Après la maximisation des signaux, l'amplitude des émissions est mesurée avec une détection de quasi-crête et/ou de valeur moyenne, en tenant compte de la durée de mesure appropriée (au moins 15 s si la lecture indique des fluctuations proches de la limite).

Le type de mesurage des émissions rayonnées définit le processus de maximisation produisant les amplitudes les plus élevées du signal:

- dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz – maximisation du niveau indiqué par variation de l'angle d'azimut de l'EUT et de l'azimut du plan (vertical) de l'antenne-cadre (par exemple essais pour la CISPR 11);
- dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz – maximisation du niveau indiqué par variation de la hauteur et de la polarisation de l'antenne de mesure, ainsi que par variation de l'azimut de l'EUT;
- dans la plage de fréquences supérieures à 1 GHz – maximisation du niveau indiqué par variation de la polarisation de l'antenne et par variation de l'azimut de l'EUT et, si la surface de l'EUT est plus grande que le faisceau de l'antenne, par déplacement de l'antenne sur la surface de l'EUT.

Avant de pouvoir exécuter la séquence de maximisation réelle, l'installation de l'EUT dans le cas le plus défavorable doit être déterminée pour assurer la détection des amplitudes d'émissions maximales. Le processus de détermination de la configuration de l'EUT et des câbles qui conduit au cas le plus défavorable pour les émissions consiste principalement en une opération manuelle. Ceci peut être réalisé à l'aide d'un récepteur à scrutation avec affichage graphique du spectre d'émission et possibilité de maintien du maximum du signal pour observer les variations des amplitudes lors des manipulations de dispositions des câbles et du matériel. Il convient de commencer le mesurage final automatisé des émissions après la réalisation de la configuration du mode de fonctionnement et de la disposition les plus défavorables du matériel en essai.

Le mesurage d'une émission rayonnée particulière comporte un procédé de maximisation qui implique la rotation de l'EUT, la scrutation en hauteur de l'antenne de réception et la modification de la polarisation de l'antenne. Ce processus de recherche chronophage peut effectivement être automatisé, mais il doit être admis qu'une grande variété de stratégies de recherche peut être utilisée, ce qui peut conduire à des résultats différents. Dans le cas d'une connaissance préalable des caractéristiques de rayonnement d'un EUT, il convient de choisir une séquence de maximisation qui permet de déterminer l'amplitude la plus défavorable dans les plages de recherche pour le mât d'antenne et pour le plateau tournant. Par exemple, si l'EUT émet des signaux très directifs dans le plan horizontal, par exemple du fait de la présence de fentes dans le boîtier, il convient que le plateau tournant effectue une rotation continue pendant la saisie des données avec le récepteur. D'autre part, un mouvement du plateau par pas discrets ne peut pas permettre la détection de l'amplitude maximale ou peut faire manquer complètement le signal si les incréments angulaires choisis des positions sont trop importants. Il convient que la durée de scrutation de l'analyseur de spectre soit inférieure à la durée nécessaire à une rotation de 15° du plateau tournant pour obtenir des données de maximisation efficaces.

L'une des stratégies de recherche pourrait consister à faire tourner le plateau tournant de 360° en laissant l'antenne à une hauteur fixe afin de déterminer l'angle pour l'amplitude maximale d'émission. Ensuite, le plateau tournant effectue une rotation en sens inverse sur

toute la plage de fréquences après modification de la polarisation de l'antenne (par exemple de la polarisation horizontale à la polarisation verticale). Au cours de ce processus, les données d'essai sont enregistrées de façon continue par le récepteur et, à la fin de la deuxième scrutation du plateau, les amplitudes les plus élevées sont déterminées, en fonction de l'angle du plateau tournant et de la polarisation de l'antenne. Ensuite, les positions les plus défavorables de l'antenne et du plateau tournant sont choisies avant d'effectuer une scrutation en hauteur de l'antenne dans la plage exigée pour déterminer la position donnant l'amplitude maximale. À ce stade, soit le niveau d'émission est enregistré avec le détecteur de quasi-crête du récepteur après être revenu à la hauteur donnant l'émission maximale, soit une recherche plus fine est poursuivie avec une rotation par incréments du plateau tournant, suivie d'une recherche incrémentale en hauteur, pour déterminer avec une plus grande exactitude l'amplitude maximale d'émission à la fréquence donnée. Une fois encore, il est important de connaître dans une certaine mesure le diagramme de rayonnement de l'EUT afin de configurer le logiciel pour une stratégie optimale de recherche qui permette de déterminer l'émission maximale de l'EUT dans le temps le plus court. Une variabilité est introduite dans les résultats d'essai lorsque le mesurage final est effectué sur la pente du diagramme de rayonnement plutôt que sur sa crête.

NOTE Le mesurage final peut être effectué en parallèle à plusieurs fréquences en utilisant un appareil de mesure à FFT.

8.6 Post-traitement et rapport d'essai

La dernière partie de la procédure d'essai concerne les exigences de documentation. Les fonctionnalités pour définir les méthodes de tri et de comparaison qui peuvent ensuite être appliquées automatiquement ou de façon interactive aux listes de signaux aident l'utilisateur à compiler les rapports et documents nécessaires. Il convient que les amplitudes corrigées des signaux en valeur de crête, de quasi-crête ou moyenne, soient disponibles sous la forme de critères de tri ou de sélection. Les résultats de ces processus sont enregistrés dans des listes de résultats séparées ou peuvent être rassemblés dans une seule liste et sont disponibles pour la documentation ou pour un traitement ultérieur.

Les résultats doivent être disponibles sous forme de tableaux ou de graphiques pour pouvoir être utilisés dans un rapport d'essai. De plus, il convient que les informations concernant le système d'essai lui-même, par exemple, les transducteurs utilisés, l'instrumentation de mesure, et la documentation relative à l'installation de l'EUT, telle qu'exigée par la norme de produit, fassent également partie intégrante du rapport d'essai.

8.7 Stratégies de mesure d'émissions avec des appareils de mesure à FFT

En fonction de la mise en œuvre, les appareils de mesure à FFT peuvent effectuer des mesurages pondérés d'une façon significativement plus rapide que les voltmètres accordables sélectifs. Un mesurage pondéré sur la plage de fréquences concernée peut alors être plus rapide qu'un mesurage constitué d'une préscrutation et d'une scrutation finale effectuées avec un récepteur superhétérodyne, comme décrit en 8.2.

Annexe A (informative)

Mesurage des perturbations en présence d'émissions ambiantes

A.1 Généralités

Les émissions ambiantes de niveau élevé doivent être prises en compte pendant les essais *in situ* (conduits et rayonnés), ainsi que les essais de type effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS). La présente annexe a pour objectif de décrire les procédures de mesure pour un certain nombre de situations différentes.

Dans certaines circonstances, les procédures indiquées ne fournissent pas de solution aux problèmes posés par les signaux ambiants. En particulier, ces procédures ne sont pas censées surmonter les problèmes évoqués en ~~5.2.4 de la CISPR 16-1-4:2014~~ 6.2.4 de la CISPR 16-1-4:2019. Hormis cette réserve, les procédures suivantes peuvent être utilisées.

A.2 Termes et définitions

A.2.1

perturbation du matériel en essai

spectre d'émission de l'EUT à mesurer

A.2.2

émission ambiante

spectre d'émission superposé au spectre des perturbations de l'EUT, qui influence l'exactitude de mesure des perturbations dudit EUT

A.3 Description du problème

Pendant les essais *in situ* et les essais de type sur un OATS, il est fréquent que les émissions ambiantes ne correspondent pas aux recommandations d'environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai de la CISPR 16-1-4.

Les perturbations radioélectriques d'un EUT sont souvent localisées dans les bandes de fréquences des émissions ambiantes et ne peuvent pas être mesurées avec un récepteur de mesure de perturbations radioélectriques comme spécifié dans la CISPR 16-1-1 en raison de l'écart de fréquence insuffisant entre la perturbation de l'EUT et l'émission ambiante, ou du fait d'une superposition.

Le récepteur de mesure de la CISPR est conçu pour fournir des résultats d'essai uniformes pour tous les types d'émissions radiofréquences lorsque seules les perturbations de l'EUT doivent être mesurées. Il n'est toutefois pas recommandé de différencier les perturbations de l'EUT des émissions ambiantes, ou de mesurer les perturbations de l'EUT dans la situation décrite ci-dessus.

Dans la mesure où il n'y a pas d'alternative aux essais *in situ* dans les situations réelles d'analyse de brouillage, une solution est décrite ci-dessous pour les cas où il est possible de différencier la perturbation de l'EUT de l'émission ambiante.

A.4 Solution proposée

A.4.1 Vue d'ensemble

Les émissions de perturbations de l'EUT et les émissions ambiantes peuvent être classées comme indiqué dans le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Combinaisons des perturbations du matériel en essai et des émissions ambiantes

Perturbation du matériel en essai	Émission ambiante
Bande étroite	Bande étroite
	Large de bande
Large de bande	Bande étroite
	Large de bande

Les émissions ambiantes à bande étroite peuvent provenir par exemple de signaux modulés en amplitude ou en fréquence; les émissions ambiantes à large bande peuvent, pour leur part, provenir par exemple de signaux de télévision ou de signaux à modulation numérique. Ici, les termes «bande étroite» et «large bande» se rapportent toujours à la largeur de bande du récepteur de mesure, comme spécifié dans la CISPR 16-1-1. Les signaux à bande étroite sont définis comme des signaux ayant une largeur de bande inférieure à celle du récepteur de mesure. Dans ce cas, toutes les composantes spectrales du signal sont contenues dans la largeur de bande du récepteur. Un signal en ondes entretenues (CW) sera toujours un signal à bande étroite; un signal FM étroit peut être à la fois à bande étroite ou à large bande, en fonction de la largeur de bande réelle du récepteur. À l'inverse, un signal impulsif sera généralement à large bande dans la mesure où certaines de ses composantes spectrales se situent à l'intérieur de la largeur de bande du récepteur et où beaucoup d'entre elles se situent à l'extérieur de cette même largeur de bande.

Le mesurage des perturbations d'un EUT constitue un problème multiple: premièrement, il s'agit d'identifier les perturbations de l'EUT et l'émission ambiante, et, deuxièmement, il s'agit de distinguer les émissions à bande étroite des émissions à large bande. Les récepteurs de mesure et les analyseurs de spectre modernes fournissent différentes largeurs de bande de résolution et différents types de détecteurs. Ces derniers peuvent être utilisés pour l'analyse du spectre combiné, pour distinguer le spectre des perturbations du matériel en essai de celui de l'émission ambiante; pour distinguer les émissions à bande étroite des émissions à large bande et pour mesurer (ou pour estimer, dans des situations difficiles) les perturbations de l'EUT.

Dans le cas des essais de type effectués sur un OATS, une identification et un prémesurage peuvent également être effectués par un essai préliminaire de l'EUT, dans une chambre blindée à revêtement absorbant non conforme (ou par exemple partiellement conforme), l'essai final étant effectué sur un OATS où les niveaux d'émission cachés par les niveaux ambiants peuvent être déterminés par comparaison avec les émissions relevées à proximité.

La superposition des émissions lorsque les perturbations de l'EUT et les émissions ambiantes ne peuvent pas être séparées doit être prise en compte. La séparation nécessite un rapport émission ambiante et perturbations de l'EUT sur émission ambiante de 20 dB environ.

Dans les cas où les largeurs de bande FI et les détecteurs sont différents de la largeur de bande spécifiée et du détecteur de quasi-crête (QP – quasi-peak), la valeur de quasi-crête (QP) dans la largeur de bande spécifiée représente la référence pour la détermination de l'erreur de mesure.

La Figure A.1 présente un organigramme de sélection des largeurs de bande et des détecteurs, ainsi que l'estimation des erreurs de mesure qui en résultent.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

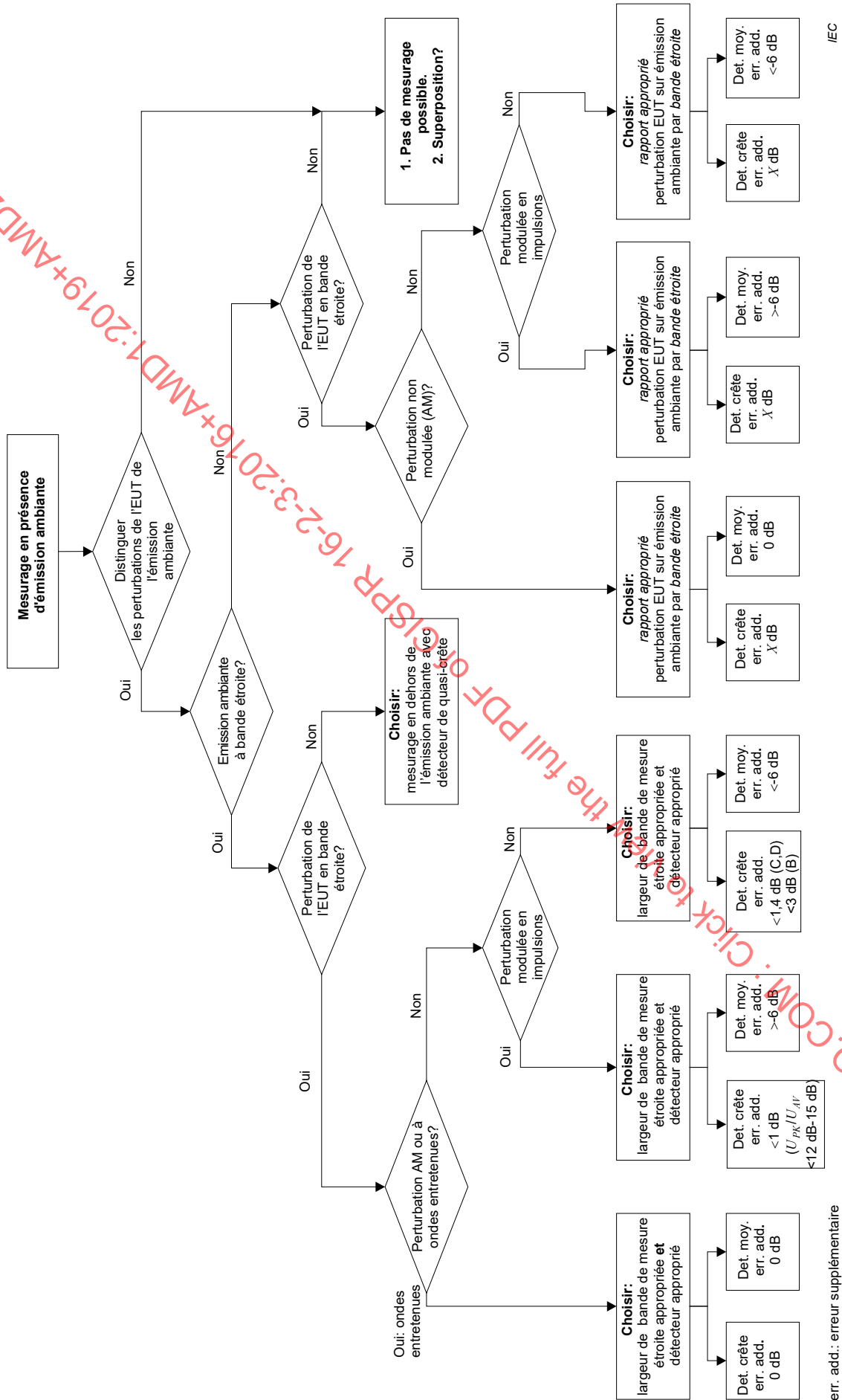


Figure A.1 – Organigramme de sélection des largeurs de bande et des détecteurs, et estimation des erreurs de mesure qui en résultent

A.4.2 Prémessurage de l'EUT dans une chambre blindée

Les données de fréquence et d'amplitude d'émission fournies par un essai préliminaire en chambre blindée peuvent être utilisées dans certaines conditions restrictives [une simple chambre blindée n'est pas une chambre blindée à revêtement absorbant, semi-anéchoïque ou anéchoïque, et ne satisfait pas, de ce fait, aux valeurs d'affaiblissement normalisé de l'emplacement existantes données ~~dans l'Annexe E de la CISPR 16-1-4:2010, (Annexe A de la référence [4])~~ le 6.5 de la CISPR 16-1-4:2019. Cela donne le spectre d'émission qui a des amplitudes significatives. Dans le cas d'émissions à bande étroite, le spectre d'émission du produit contient des harmoniques et des sous-harmoniques de toute fréquence d'horloge utilisée dans le produit.

Ces prémessurages peuvent être utilisés pour déterminer les amplitudes d'émission de produits dans certaines situations restrictives. En particulier, lorsque l'essai final de conformité est réalisé sur un OATS et lorsqu'une (ou plusieurs) fréquence(s) est (sont) masquée(s) par une fréquence RF ambiante, il est très probable qu'une fréquence adjacente à ces fréquences masquées ne coïncide pas précisément avec une fréquence RF ambiante. C'est la raison pour laquelle l'émission non masquée peut être enregistrée de la façon habituelle en utilisant le récepteur exigé ou la largeur de bande de l'analyseur de spectre. L'amplitude de l'émission de l'EUT qui est masquée par la fréquence RF ambiante peut alors être estimée en utilisant les mesurages préliminaires en chambre sourde de la manière suivante.

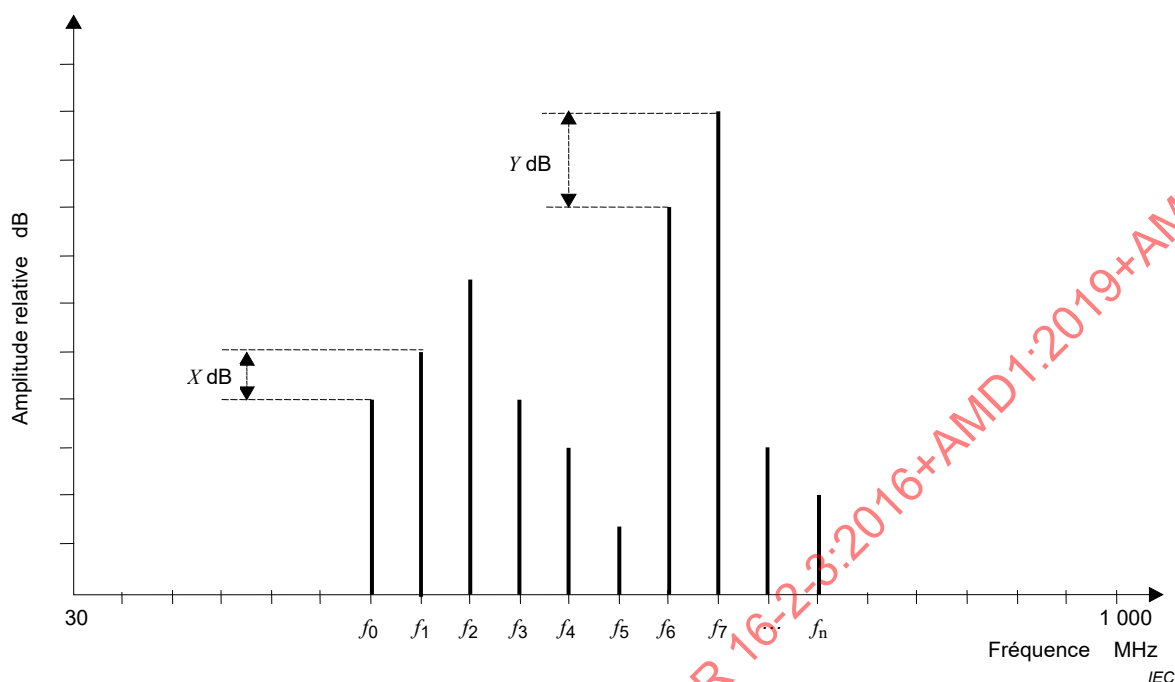
Soit l'hypothèse selon laquelle pendant les mesurages préliminaires en chambre blindée, deux émissions à des fréquences adjacentes diffèrent de X dB en amplitude (voir Figure A.2). La fréquence suivante des fréquences qui ne sont pas masquées par la fréquence RF ambiante est mesurée sur un OATS. La différence en amplitude (X dB) de la fréquence masquée par rapport à la fréquence adjacente mesurable peut être ajoutée (ou soustraite en fonction du signe de la différence) à l'amplitude observée dans la chambre blindée pour déterminer l'amplitude des fréquences adjacentes. Ceci est présenté à la Figure A.2 dans laquelle (selon l'hypothèse que la fréquence f_1 est la fréquence masquée et que f_0 n'est pas masquée), l'amplitude de f_1 est X dB supérieure à l'amplitude de f_0 . Pour déterminer l'amplitude de f_1 sur l'OATS, X dB est ajouté à la valeur de l'amplitude mesurable de f_0 . De même, si l'amplitude de f_6 était Y dB inférieure à celle de f_7 déterminée pendant les mesurages en chambre sourde, l'amplitude de f_6 (si elle est masquée par une raie ambiante) serait Y dB inférieure à celle de f_7 qui est censée être mesurable sur l'OATS.

NOTE La procédure ci-dessus complète le contenu du point d) de 7.3.6.2 (Environnement d'essai).

Il convient de prendre plusieurs précautions en utilisant cette procédure restrictive:

- a) Il convient que la fréquence adjacente déterminée pendant l'essai préliminaire ne soit pas éloignée de plus d'une ou deux fréquences adjacentes (généralement un sous-harmonique ou un harmonique de la fréquence d'horloge de base), de sorte que l'effet des irrégularités de la chambre blindée n'accroît ou ne réduit pas indûment les mesurages des fréquences adjacentes à la fréquence à déterminer sur l'OATS. Dans ce cas, la valeur de X (ou Y sur la Figure A.2) peut ne pas être valable.
- b) Les mesurages d'amplitudes des fréquences adjacentes nécessitent d'être réalisés avec la plus grande attention en scrutant en hauteur l'antenne de réception dans la chambre sourde (comme ce serait le cas pour l'essai final de conformité). Si la scrutation en hauteur ne peut être réalisée dans son intégralité, d'autres corrélations entre les mesurages en chambre sourde et les mesurages correspondants sur l'OATS peuvent devoir être réalisées avant d'appliquer cette technique d'estimation des amplitudes sur un OATS (pour les émissions masquées par l'environnement ambiant RF).
- c) Pour les chambres sourdes dont le revêtement est entièrement absorbant sur les six faces, d'autres techniques de scrutation en hauteur peuvent être réalisées, telles que des mesurages à deux ou trois hauteurs fixes (puisque les réflexions sur le plan de masse sont supprimées et puisque cette contribution au signal reçu est réduite), et en utilisant le

plus grand nombre de ces valeurs. De telles techniques peuvent nécessiter les mêmes mesurages de corrélation que celles qui sont exposées au point b) ci-dessus.



NOTE Généralement f_n est égal à n fois f_0 , fréquence fondamentale d'émission de l'EUT (fréquence d'horloge de base).

Figure A.2 – Différence relative des amplitudes des émissions adjacentes lors des essais préliminaires

A.4.3 Méthode de mesure des perturbations de l'EUT en présence d'émissions ambiantes en bande étroite

A.4.3.1 Généralités

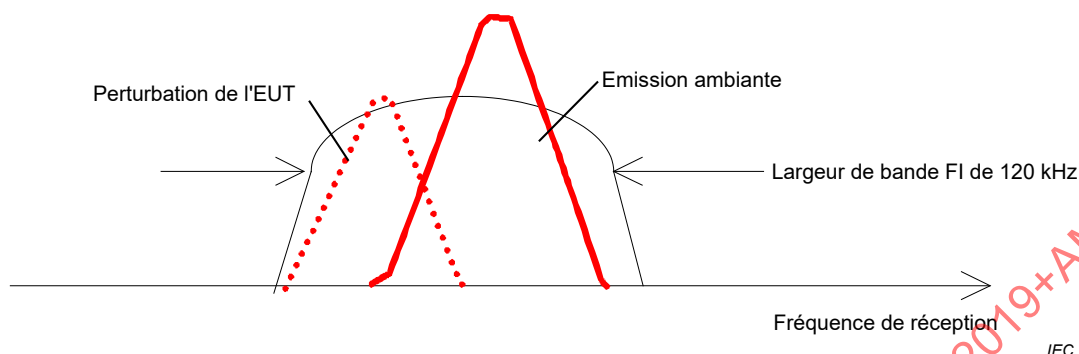
Selon le type de perturbations de l'EUT, ce mesurage est basé sur

- l'analyse du spectre combiné avec une largeur de bande plus étroite que celle du récepteur de mesure CISPR,
- la détermination d'une largeur de bande de mesure adéquate pour sélectionner les perturbations à bande étroite proches des émissions ambiantes,
- l'usage d'un détecteur de crête (si les perturbations sont modulées en amplitude ou en impulsions) ou d'un détecteur de valeur moyenne,
- l'accroissement du rapport des perturbations de l'EUT sur les émissions ambiantes dans le cas d'une perturbation à bande étroite dans une émission ambiante à bande relativement large lorsqu'une largeur de bande de mesure plus étroite est utilisée, et
- la prise en compte de la superposition de la perturbation de l'EUT et de l'émission ambiante, si la séparation n'est pas possible.

A.4.3.2 Perturbation non modulée du matériel en essai

La perturbation non modulée de l'EUT (voir Figure A.3) peut être séparée de la fréquence porteuse du signal ambiant en choisissant une largeur de bande de mesure suffisamment étroite. Le détecteur de crête ou le détecteur de valeur moyenne peut être utilisé. Il n'y a pas d'erreur de mesure supplémentaire par rapport à un détecteur de quasi-crête. Si la différence

de niveau entre les valeurs de crête et moyennes est très petite (par exemple inférieure à 1 dB), la valeur moyenne mesurée est équivalente à la valeur de quasi-crête.



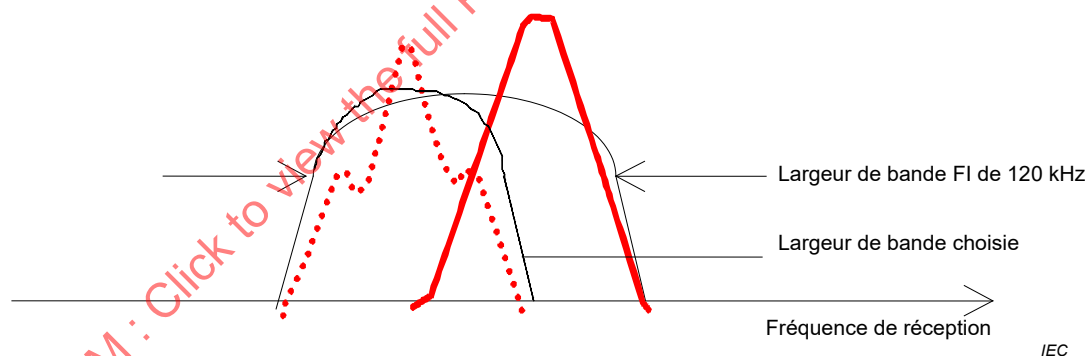
Légende

ligne en pointillés	perturbation de l'EUT
trait gras continu	émission ambiante
trait fin	largeur de bande FI de 120 kHz

Figure A.3 – Perturbation par un signal non modulé (ligne en pointillés)

A.4.3.3 Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai

La perturbation modulée en amplitude de l'EUT (voir Figure A.4) peut être séparée de la fréquence porteuse du signal ambiant en choisissant une largeur de bande de mesure suffisamment étroite. Il convient de veiller à s'assurer que la largeur de bande étroite de mesure choisie ne supprime pas les spectres de modulation de la perturbation de l'EUT. La suppression des spectres de modulation se reconnaît à une décroissance de l'amplitude de crête de la perturbation de l'EUT par suite de l'augmentation de la sélectivité.



Légende

ligne en pointillés	perturbation de l'EUT
trait gras continu	émission ambiante
trait fin	largeur de bande FI de 120 kHz

Figure A.4 – Perturbation par un signal modulé en amplitude (ligne en pointillés)

Seul le détecteur de crête avec une durée de mesure supérieure à l'inverse de la fréquence de modulation peut être utilisé. Une erreur de mesure supplémentaire doit être prise en compte à des fréquences de modulation inférieures à 10 Hz (0,4 dB à 10 Hz; 1,4 dB à 2 Hz pour les bandes C et D et 0,9 dB à 10 Hz; 3 dB à 2 Hz pour la bande B), lorsque la valeur de crête est supérieure à la valeur de quasi-crête. La valeur de quasi-crête en fonction de la fréquence de modulation est présentée à la Figure A.5.

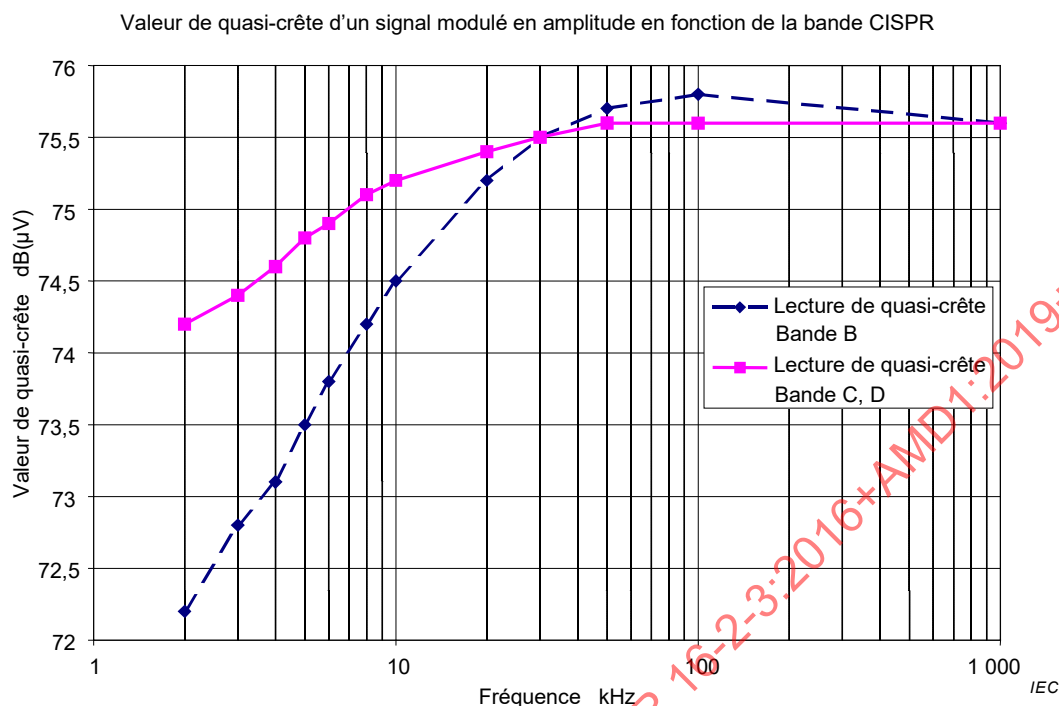


Figure A.5 – Indication d'un signal modulé en amplitude en fonction de la fréquence de modulation avec le détecteur de quasi-crête dans les bandes B, C et D CISPR

A.4.3.4 Perturbation modulée en impulsions du matériel en essai

La perturbation modulée en impulsions à bande étroite de l'EUT est classée comme un cas particulier de modulation d'amplitude et peut également être séparée de la fréquence porteuse du signal ambiant par une largeur de bande de mesure suffisamment étroite. La sélectivité ne doit pas conduire à une suppression des spectres de modulation. Seul le détecteur de crête peut être utilisé.

Dans les cas où la fréquence de répétition est faible, une erreur supplémentaire est possible, mais pour autant que la différence entre les mesurages avec un détecteur de crête et celles avec un détecteur de valeur moyenne est de l'ordre de 12 dB à 14 dB, il n'est pas nécessaire de prendre en compte les erreurs de mesure supplémentaires par rapport à la valeur de quasi-crête.

Pour une largeur d'impulsion $t = 50 \mu s$, la Figure A.6 indique que, pour autant que la différence entre les niveaux de crête et moyen soit inférieure ou égale à 14 dB, l'écart entre les niveaux de crête et de quasi-crête est négligeable. Ainsi, la comparaison entre les niveaux de crête et moyen peut être utilisée pour vérifier la possibilité d'utiliser le détecteur de crête.

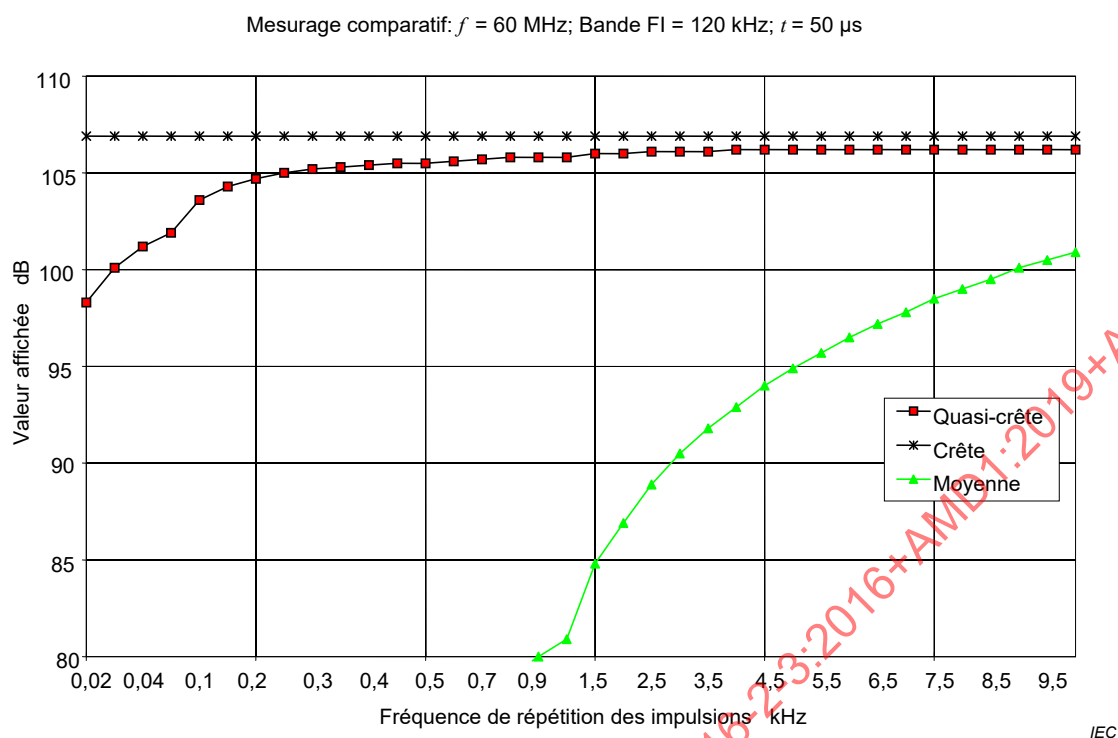


Figure A.6 – Indication d'un signal modulé en impulsions (largeur d'impulsion 50 μ s) en fonction de la fréquence de répétition d'impulsions avec des détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne

A.4.3.5 Perturbation à large bande du matériel en essai

Le détecteur de quasi-crête doit être utilisé pour le mesurage de la perturbation à large bande (voir Figure A.7). En fait, il n'est pas possible d'effectuer un mesurage à l'intérieur de la largeur de bande du signal ambiant. En raison de la largeur de bande finie, la perturbation peut généralement être mesurée à l'extérieur du spectre du signal ambiant en utilisant le détecteur de quasi-crête.

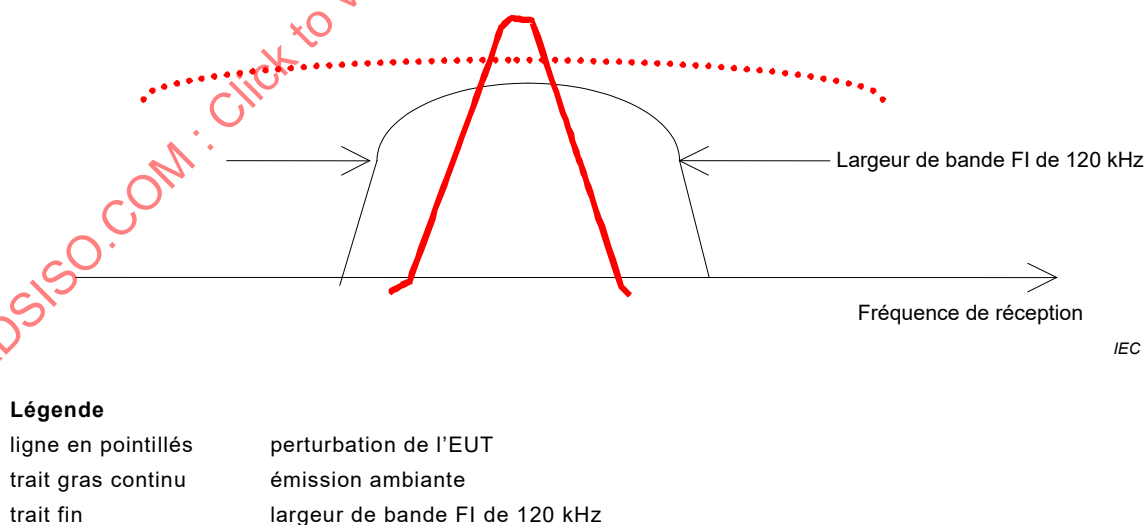


Figure A.7 – Perturbation par un signal à large bande (ligne en pointillés)

A.4.4 Méthode de mesure de la perturbation de l'EUT en présence d'émissions ambiantes à large bande

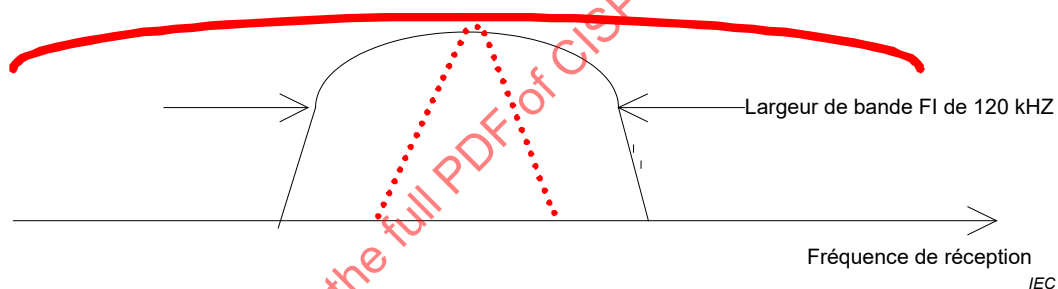
A.4.4.1 Généralités

Dans ce cas, la méthode de mesure est basée sur

- l'analyse du spectre combiné avec une largeur de bande égale à celle du récepteur de mesure CISPR,
- le mesurage avec une largeur de bande étroite (dans le cas d'une perturbation à bande étroite de l'EUT, l'utilisation d'une largeur de bande étroite augmente le rapport de la perturbation de l'EUT sur l'émission ambiante),
- l'emploi du détecteur de valeur moyenne pour une perturbation à bande étroite de l'EUT, et
- la prise en compte de la superposition de la perturbation de l'EUT et de l'émission ambiante, si la séparation n'est pas possible.

A.4.4.2 Perturbation non modulée du matériel en essai

Il convient de mesurer l'amplitude de la perturbation de l'EUT (voir Figure A.8) avec le détecteur de valeur moyenne (spécifié dans la CISPR 16-1-1). L'erreur de mesure dépend de la valeur moyenne du spectre du signal à large bande à l'intérieur de la largeur de bande sélectionnée. Cette erreur de mesure peut être réduite le plus possible en choisissant une largeur de bande de mesure qui maximise le rapport de la perturbation de l'EUT sur l'émission ambiante (méthode de la sélectivité).



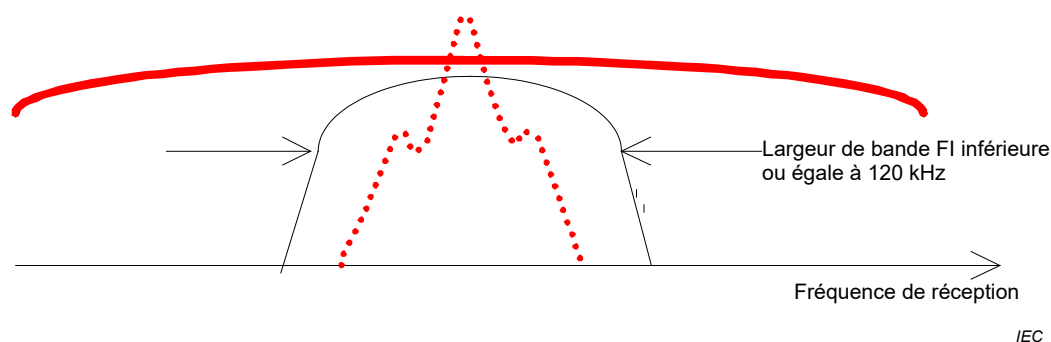
Légende

ligne en pointillés	perturbation de l'EUT
trait gras continu	émission ambiante
trait fin	largeur de bande FI de 120 kHz

Figure A.8 – Perturbation du matériel en essai non modulée (ligne en pointillés)

A.4.4.3 Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai

L'amplitude de la perturbation de l'EUT (voir Figure A.9) est mesurée avec le détecteur de valeur moyenne, bien qu'une erreur de mesure supplémentaire jusqu'à 6 dB (à 100 % de modulation) par rapport à un mesurage avec un détecteur de quasi-crête doive être prise en compte. Il convient que les largeurs de bande de mesure choisies maximisent le rapport de la perturbation de l'EUT sur l'émission ambiante (méthode de la sélectivité).



Légende

ligne en pointillés	perturbation de l'EUT
trait gras continu	émission ambiante
trait fin	largeur de bande FI de 120 kHz

Figure A.9 – Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai (ligne en pointillés)

A.4.4.4 Perturbation modulée en impulsions du matériel en essai

Il n'est pas facile de détecter et de reconnaître une perturbation modulée en impulsions de l'EUT avec un haut degré de fiabilité dans un spectre de signal ambiant à large bande, dans la mesure où la modulation d'amplitude à 100 % de la perturbation peut masquer la perturbation de l'EUT dans le spectre.

L'amplitude de la perturbation de l'EUT peut être mesurée avec le détecteur de valeur moyenne dans le cas de grands rapports cycliques. Du fait de la profondeur de modulation d'amplitude à 100 % avec des rapports cycliques plus petits, l'emploi d'un détecteur de valeur moyenne provoque une augmentation de l'erreur de mesure par rapport à un mesurage effectué avec le détecteur de quasi-crête. Dans le cas d'un rapport cyclique de 1:1 et de l'utilisation d'un détecteur de valeur moyenne linéaire, l'erreur de mesure est de 6 dB. Il convient que la largeur de bande de mesure soit telle que la relation entre la valeur moyenne mesurée de la perturbation de l'EUT et la valeur moyenne du signal ambiant à large bande soit maximisée.

Dans le cas de faibles rapports cycliques, la valeur moyenne diffère sensiblement de la valeur de quasi-crête. Dans ce cas, il convient d'utiliser le détecteur de crête, avec une largeur de bande de mesure aussi étroite que possible, mais assez large pour contenir la largeur de bande complète de la perturbation. La superposition avec l'émission ambiante peut devoir être prise en compte.

A.4.4.5 Perturbation à large bande du matériel en essai

En règle générale, la perturbation à large bande ne peut pas être détectée ou mesurée dans un spectre de signal ambiant à large bande. Il peut être possible de mesurer une telle perturbation à l'extérieur du spectre du signal ambiant ou en tenant compte de la superposition.

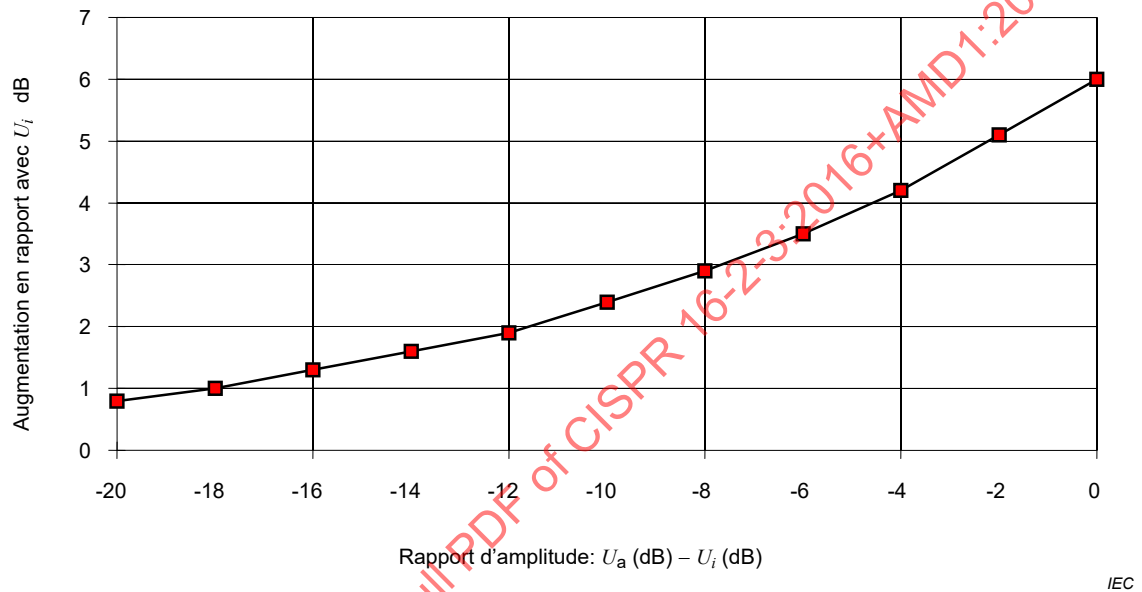
Les combinaisons de la perturbation de l'EUT avec l'émission ambiante et l'erreur inhérente au mesurage sont indiquées dans le Tableau A.2.

NOTE Un récepteur à scrutation ou un analyseur de spectre affiche les spectres de deux signaux à large bande différents, à moins que les fréquences des signaux ou les fréquences des impulsions ne soient reliées harmoniquement l'une avec l'autre ou que la vitesse de balayage de l'instrument de mesure ne soit harmoniquement reliée avec les fréquences d'impulsions mesurées.

A.5 Détermination de la perturbation de l'EUT dans le cas d'une superposition

Si, du fait du choix de la perturbation de l'EUT et de l'émission ambiante, le rapport du niveau mesuré de la perturbation de l'EUT sur l'émission ambiante est inférieur à 20 dB, il est nécessaire de tenir compte de la superposition de l'émission ambiante et de la perturbation de l'EUT. Pour une tension impulsionnelle à large bande, le calcul suivant peut être effectué.

Le signal reçu U_r correspond à la somme de la perturbation de l'EUT U_i et de l'émission ambiante U_a . U_a peut être mesurée uniquement lorsque l'EUT est mis hors tension. La superposition est linéaire pour le détecteur de crête (voir Figure A.10).



Légende:

U_a est le niveau d'émission ambiante

U_i est le niveau de perturbation de l'EUT

Figure A.10 – Augmentation de la valeur de crête avec la superposition de deux signaux non modulés

L'équation suivante s'applique lorsque le détecteur de crête est utilisé:

$$U_r = U_i + U_a \quad (\text{A.1})$$

La perturbation de l'EUT peut ainsi être calculée par

$$U_i = U_r - U_a \quad (\text{A.2})$$

Le rapport d'amplitude d du signal reçu sur l'émission ambiante peut être mesuré facilement.

$$D = \frac{U_r}{U_a}, \quad d = 20 \lg D \quad (\text{A.3})$$

L'émission ambiante U_a peut être substituée dans l'Équation (A.2):

$$U_i = U_r - \frac{U_r}{D} = U_r \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.4})$$

ou

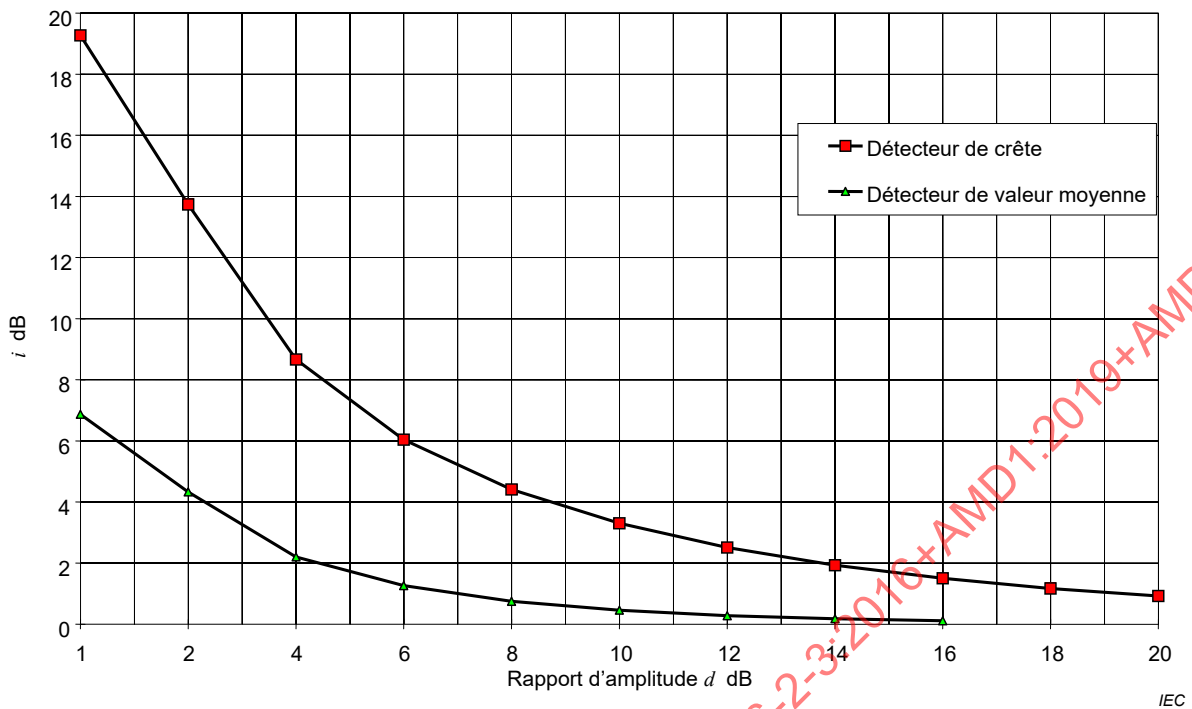
$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} + 20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.5})$$

La définition de i par l'Équation (A.6)

$$i = -20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.6})$$

permet de déterminer l'amplitude de la perturbation de l'EUT. Le facteur i est présenté à la Figure A.11. En utilisant i de la Figure A.11, l'amplitude de la perturbation de l'EUT peut être calculée comme suit:

$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} - i \quad (\text{A.7})$$



Légende:

U_a est le signal ambiant en dB

U_r est l'indication résultant du signal reçu (par superposition) en dB

U_i est le signal perturbateur en dB

$$d = U_r - U_a$$

$$U_i = U_r - i$$

$$i = -20 \lg(1 - 1/D)$$

Figure A.11 – Détermination de l'amplitude du signal de perturbation au moyen du rapport d'amplitude d et du facteur i (voir Équation (A.3) et Équation (A.6))

La Figure A.11 peut être utilisée comme suit:

- mesurer l'amplitude du champ ambiant U_a en dB(μ V/m) (EUT hors tension);
- mesurer l'amplitude du champ résultant U_r en dB(μ V/m) (EUT allumé);
- déterminer $d = U_r - U_a$;
- déterminer la valeur de i à partir de la Figure A.11;
- déterminer U_i en dB(μ V/m) en utilisant $U_i = U_r - i$.

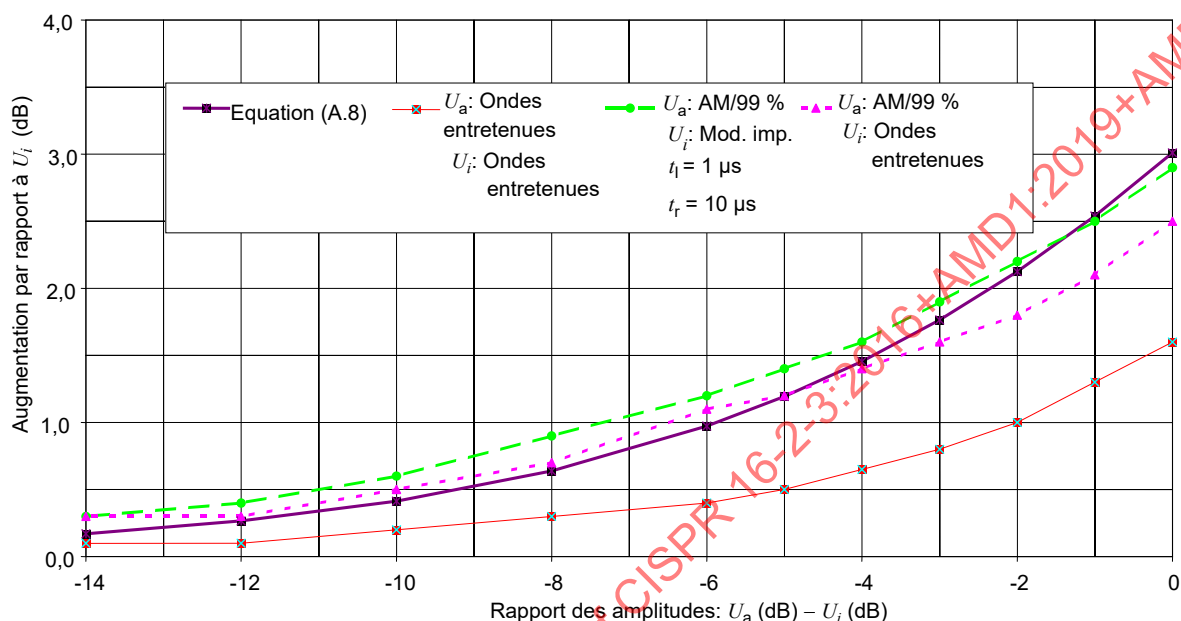
Si le signal reçu est mesuré avec le détecteur de valeur moyenne, la Figure A.12 peut être appliquée. La Figure A.12 indique que dans le cas de signaux non modulés, l'équation suivante

$$U_r = \sqrt{U_i^2 + U_a^2} \quad (\text{A.8})$$

peut être utilisée avec une erreur de mesure supplémentaire d'environ 1,5 dB. Dans le cas d'une modulation, l'erreur décroît (voir Figure A.12), mais les erreurs du Tableau A.2 doivent être prises en compte.

En utilisant le détecteur de valeur moyenne, la perturbation à l'intérieur de la bande peut être estimée en appliquant l'Équation (A.7) si la courbe du détecteur de valeur moyenne (Figure A.11) est utilisée. Dans ce cas, le facteur i est défini comme suit

$$i = -10 \lg \left(1 - \frac{1}{D^2} \right) \quad (\text{A.9})$$



IEC

Figure A.12 – Augmentation de l'indication moyenne mesurée avec un récepteur réel et calculée d'après l'Équation (A.8)

Tableau A.2 – Erreur de mesure en fonction du type de détecteur et de la combinaison des spectres du signal ambiant et du signal perturbateur

Émission ambiante		Perturbation de l'EUT		
		Non modulée	Modulée en amplitude	Modulée en impulsions
Bande étroite	Mesures appliquées pour augmenter le rapport signal/bruit	Augmentation de la sélectivité	Augmentation de la sélectivité	Augmentation de la sélectivité
	Erreur sur la valeur de crête $\left(\frac{PK}{QP}\right)$	0 dB	Inférieure ou égale à +1,4 dB pour les bandes C, D +3 dB pour la bande B	Inférieure ou égale à +1 dB $\left(\frac{U_{PK}}{U_{AV}} \leq 12...15 \text{ dB}\right)$
	Erreur sur la valeur moyenne $\left(\frac{AV}{QP}\right)$	0 dB	Inférieure ou égale à –6 dB ^a	Supérieure ou égale à –6 dB ^a
Large de bande	Mesures appliquées pour augmenter le rapport signal/bruit	Sélectivité	Sélectivité	Sélectivité
	Erreur sur la valeur de crête $\left(\frac{PK}{QP}\right)$	+X dB ^a	Inférieure ou égale à +X dB ^a	Supérieure ou égale à +X dB ^a
	Erreur sur la valeur moyenne $\left(\frac{AV}{QP}\right)$	0 dB	Inférieure ou égale à –6 dB ^a	Supérieure ou égale à –6 dB ^a
		Pas de mesurage possible (superposition seulement)		
		Mesurage en dehors de l'émission ambiante		
		–		
		–		

^a Procédure de mesure non recommandée – non autorisée pour les mesurages de conformité.

Légende:

X est l'erreur dépendant des caractéristiques impulsives de l'émission ambiante.

PK est la valeur de crête; QP est la valeur de quasi-crête; AV est la valeur moyenne.

Les bandes B, C et D sont définies comme dans la CISPR 16-1-1.

Annexe B (informative)

Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation

B.1 Généralités

Il convient de prendre en considération les caractéristiques suivantes lors de l'utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs à scrutation. Voir également l'Article 6 de la présente norme pour toute information supplémentaire.

B.2 Surcharge

La plupart des analyseurs de spectre n'ont pas de présélection RF dans la plage de fréquences jusqu'à 2 000 MHz; c'est-à-dire que le signal d'entrée est directement injecté dans un mélangeur à large bande. Afin d'éviter toute surcharge, de prévenir les dommages et de faire fonctionner un analyseur de spectre linéairement, il convient que l'amplitude du signal au niveau du mélangeur soit généralement inférieure à 150 mV en valeur de crête. Un affaiblissement RF ou une présélection RF supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour réduire le signal d'entrée à ce niveau.

B.3 Essai de linéarité

La linéarité peut être évaluée en mesurant le niveau du signal spécifique à l'étude et en répétant ce mesurage après avoir inséré un affaiblisseur de X dB à l'entrée du récepteur ou, le cas échéant, à l'entrée du préamplificateur ($X \geq 6$ dB). Il convient que la nouvelle lecture sur l'affichage du récepteur diffère de la première lecture de X dB jusqu'à $\pm 0,5$ dB, si le système de mesure est linéaire.

B.4 Sélectivité

L'analyseur de spectre et le récepteur à scrutation doivent avoir les largeurs de bande spécifiées dans la CISPR 16-1-1, afin de mesurer correctement les signaux à large bande, les signaux à impulsions et les perturbations à bande étroite avec plusieurs composantes spectrales dans la largeur de bande normalisée.

B.5 Réponse normale aux impulsions

La réponse d'un analyseur de spectre et d'un récepteur à scrutation avec détection de quasi-crête peut être vérifiée avec les impulsions d'essai d'étalonnage spécifiées dans la CISPR 16-1-1. La valeur élevée de la tension de crête des impulsions d'essai d'étalonnage exige généralement l'insertion d'un affaiblissement RF de 40 dB ou plus, afin de satisfaire aux exigences de linéarité. Ceci diminue la sensibilité et rend le mesurage à faible fréquence de répétition et des impulsions d'essai d'étalonnage isolées impossible pour les bandes B, C et D. Si un filtre de présélection est utilisé en amont du récepteur, alors l'affaiblissement RF peut être diminué. Le filtre limite la largeur de spectre de l'impulsion d'essai d'étalonnage observée par le mélangeur.

B.6 Détection de crête

Le mode de détection normal (de crête) des analyseurs de spectre donne une indication sur l'affichage qui n'est en principe jamais inférieure à l'indication de quasi-crête. Il est pratique de mesurer les émissions à l'aide d'un détecteur de crête puisque cela permet une scrutation

de fréquences plus rapide qu'avec un détecteur de quasi-crête. En conséquence, il est nécessaire de mesurer à nouveau les signaux proches des limites d'émission à l'aide d'un détecteur de quasi-crête afin d'enregistrer les amplitudes de quasi-crête.

B.7 Vitesse de scrutation en fréquence

Il convient de régler la vitesse de scrutation d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à scrutation sur la bande de fréquences CISPR et en fonction du mode de détection utilisé. La durée/fréquence minimale de balayage la plus élevée est donnée dans le tableau suivant:

Bande	Détection de crête	Détection de quasi-crête
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C et D	1 ms/MHz	20 s/MHz

Pour un analyseur de spectre ou un récepteur à scrutation utilisé en mode fixe accordé sans scrutation en fréquence, la durée de balayage de l'écran peut être réglée indépendamment du mode de détection et en fonction des besoins d'observation du comportement de l'émission. Si le niveau de perturbation n'est pas stable, la lecture sur le récepteur doit être observée pendant au moins 15 s pour déterminer la valeur maximale (voir 6.5.1).

B.8 Interception du signal

Le spectre des émissions intermittentes peut être capturé avec un détecteur de crête et une mémoire d'affichage numérique, le cas échéant. Des scrutations de fréquences multiples et rapides réduisent la durée d'interception d'une émission, par rapport à une seule scrutation lente en fréquence. Il convient de faire varier l'instant de démarrage des scrutations afin d'éviter tout synchronisme avec l'émission et par conséquent tout masquage de cette dernière. La durée totale d'observation pour une plage de fréquences donnée doit être plus longue que la durée entre les émissions. Selon le type de perturbation mesurée, les mesurages effectués avec un détecteur de crête peuvent remplacer tout ou partie des mesurages nécessaires devant être effectués avec un détecteur de quasi-crête. Il convient alors de procéder à des contre-essais avec un détecteur de quasi-crête aux fréquences auxquelles les valeurs d'émission maximales ont été déterminées.

B.9 Détection de la valeur moyenne

La détection de la valeur moyenne par un analyseur de spectre s'obtient en réduisant la largeur de bande vidéo jusqu'à l'absence d'observation d'une amélioration du lissage du signal affiché. La durée de balayage doit être augmentée, en fonction de la réduction de la largeur de bande vidéo, afin de maintenir l'étalonnage de l'amplitude. Pour ces mesurages, le récepteur doit utiliser le mode de détection linéaire du détecteur. Une fois la détection linéaire réalisée, le signal peut être traité de façon logarithmique en vue d'un affichage. Dans ce cas, la valeur est corrigée même s'il s'agit du logarithme du signal détecté linéairement.

Le mode d'affichage logarithmique en amplitude peut être utilisé, par exemple, pour distinguer plus facilement les signaux à bande étroite de ceux à large bande. La valeur affichée est la moyenne de l'enveloppe du signal FI déformé logarithmiquement. Il en résulte un affaiblissement des signaux à large bande plus important qu'en mode de détection linéaire, sans affecter l'affichage des signaux à bande étroite. Le filtrage vidéo en mode logarithmique est, par conséquent, particulièrement utile pour estimer la composante à bande étroite dans un spectre qui contient les deux composantes.

B.10 Sensibilité

La sensibilité peut être augmentée par une préamplification RF à faible bruit en amont de l'analyseur de spectre. Il convient de pouvoir régler le niveau du signal d'entrée de l'amplificateur avec un affaiblisseur afin de soumettre à l'essai la linéarité du système global pour le signal examiné.

La sensibilité à des émissions à bande extrêmement large exigeant un affaiblissement RF important pour la linéarité du système est augmentée par des filtres de présélection RF placés en amont de l'analyseur de spectre. Les filtres réduisent l'amplitude de crête des émissions à large bande, permettant ainsi d'utiliser moins d'affaiblissement RF. Ces filtres peuvent se révéler également nécessaires pour rejeter ou affaiblir de forts signaux hors bande, ainsi que les produits d'intermodulation qu'ils provoquent. Si ces filtres sont utilisés, ils doivent être étalonnés avec des signaux à large bande.

B.11 Exactitude en amplitude

L'exactitude en amplitude d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à scrutation peut être vérifiée à l'aide d'un générateur de signal, d'un wattmètre et d'un affaiblisseur de précision. Les caractéristiques de ces instruments, ainsi que les pertes de câble et de désadaptation, doivent être analysées afin d'estimer les erreurs lors de l'essai de vérification.

Annexe C (informative)

Vitesses de scrutation et durées de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne

C.1 Objet

La présente annexe est destinée à donner des lignes directrices concernant la sélection des vitesses de scrutation et des durées de mesure lors des mesurages des perturbations impulsives à l'aide du détecteur de valeur moyenne.

Le détecteur de valeur moyenne est utilisé dans les cas de figure suivants:

- a) pour supprimer les bruits impulsifs et ainsi améliorer le mesurage des composantes à ondes entretenues à mesurer dans des signaux perturbateurs;
- b) pour supprimer la modulation d'amplitude (AM) afin de mesurer le niveau de la fréquence porteuse des signaux modulés en amplitude;
- c) pour indiquer le niveau de crête pondéré des perturbations intermittentes, instables ou variables à bande étroite en utilisant une constante de temps normalisée de l'indicateur.

L'Article 6 de la présente norme définit le récepteur de mesure de valeur moyenne pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 1 GHz.

Afin de sélectionner la largeur de bande vidéo appropriée et la vitesse de scrutation correspondante ou la durée de mesure correspondante, les considérations suivantes s'appliquent.

C.2 Suppression des perturbations

C.2.1 Suppression des perturbations impulsives

La durée d'impulsion T_p d'une perturbation impulsive est souvent déterminée par la largeur de bande FI, B_{res} , c'est-à-dire $T_p = 1/B_{res}$. Pour la suppression d'un tel bruit, le facteur de suppression a est alors déterminé par la largeur de bande vidéo B_{video} relative à la largeur de bande FI, c'est-à-dire $a = 20 \lg(B_{res}/B_{video})$. La largeur de bande B_{video} est déterminée par la largeur de bande du filtre passe-bas suivant le détecteur d'enveloppe. Pour les impulsions plus grandes, le facteur de suppression est inférieur à a . La durée minimale de scrutation $T_{s \min}$ (et la vitesse maximale de scrutation $R_{s \max}$) est déterminée en utilisant:

$$T_{s \min} = \frac{k \Delta f}{B_{res} B_{video}} \quad (C.1)$$

$$R_{s \max} = \frac{\Delta f}{T_{s \min}} = \frac{B_{res} B_{video}}{k} \quad (C.2)$$

où

Δf est l'intervalle de fréquence, et

k est un facteur de proportionnalité qui dépend de la vitesse du récepteur de mesure ou de l'analyseur de spectre.

Pour les durées de scrutation supérieures, k est très proche de un (1). Si une largeur de bande vidéo de 100 Hz est sélectionnée, les vitesses maximales de scrutation et les facteurs de suppression d'impulsion du Tableau C.1 sont obtenus.

Tableau C.1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de scrutation pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz

	Bande A	Bande B	Bandes C et D
Plage de fréquences	9 kHz à 150 kHz	150 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz
Largeur de bande FI B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Largeur de bande vidéo B_{video}	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Vitesse maximale de scrutation	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Facteur de suppression maximale	6 dB	39 dB	61,5 dB

Cela peut s'appliquer aux normes de produits faisant appel à des limites de quasi-crête et à des limites moyennes dans les bandes B (et C) si des impulsions courtes sont prévues dans le signal perturbateur. La conformité de l'EUT à ces deux limites doit être démontrée. Si la fréquence de répétition d'impulsions est supérieure à 100 Hz et si la limite de quasi-crête n'est pas dépassée par la perturbation impulsive, alors les impulsions courtes sont suffisamment supprimées pour la détection de valeur moyenne qui possède une largeur de bande vidéo de 100 Hz.

C.2.2 Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique

La détection de valeur moyenne peut être effectuée par un moyennage numérique de l'amplitude du signal. Un effet de suppression équivalent peut être obtenu si la durée d'intégration est égale à l'inverse de la largeur de bande du filtre vidéo. Dans ce cas, le facteur de suppression $a = 20 \lg(T_{av}B_{res})$, où T_{av} est la durée d'intégration (ou de mesure) à une certaine fréquence. En conséquence, une durée de mesure de 10 ms génère le même facteur de suppression qu'une largeur de bande vidéo de 100 Hz. Le moyennage numérique a l'avantage de présenter un retard nul lorsqu'il passe d'une fréquence à une autre. D'un autre côté, pour le moyennage d'une certaine fréquence de répétition d'impulsions f_p , le résultat peut varier selon que n ou $(n + 1)$ impulsions sont ou non moyennées. L'effet induit est inférieur à 1 dB, pour $(T_{av}f_p) > 10$.

C.2.3 Suppression de la modulation d'amplitude

Afin de mesurer la fréquence porteuse d'un signal modulé, la modulation doit être supprimée par un signal moyenné sur un temps suffisamment long ou en utilisant un filtre vidéo d'un affaiblissement suffisant à la fréquence la plus basse. Si f_m est la fréquence de modulation la plus basse, et en formulant l'hypothèse que l'erreur de mesure maximale due à la modulation à 100 % est limitée à 1 dB, alors il convient que la durée de mesure T_m soit $T_m = 10/f_m$.

C.3 Mesurage des perturbations à bande étroite faiblement intermittentes, instables ou variables

Dans la CISPR 16-1-1, la réponse aux perturbations à bande étroite, intermittentes, instables ou variables est définie en utilisant une lecture de crête avec des constantes de temps de l'indicateur de 160 ms (pour les bandes A et B) et de 100 ms (pour les bandes C et D). Ces constantes de temps correspondent respectivement à des largeurs de bande de filtre vidéo du deuxième ordre de 0,64 Hz ou 1 Hz. Pour obtenir des mesurages corrects, ces largeurs de bande exigeraient des durées de mesure très longues (voir Tableau C.2).

Tableau C.2 – Constantes de temps de l'indicateur et largeurs de bande vidéo et durées de scrutation minimales correspondantes

	Bande A	Bande B	Bandes C et D
Plage de fréquences	9 kHz à 150 kHz	150 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz
Largeur de bande FI B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Constante de temps de l'indicateur	160 ms	160 ms	100 ms
Largeur de bande vidéo B_{video}	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Durée minimale de scrutation	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

Cela s'applique toutefois uniquement aux fréquences de répétition d'impulsions inférieures ou égales à 5 Hz. Pour toutes les largeurs d'impulsions et fréquences de modulation supérieures, des largeurs de bande de filtre vidéo supérieures peuvent être utilisées (voir C.2.1). La Figure C.1 et la Figure C.2 représentent la fonction de pondération d'une impulsion d'une durée de 10 ms, par rapport à une fréquence de répétition de l'impulsion f_p , avec la lecture de crête (CISPR AV) et avec la valeur moyenne (AV) vraie pour des constantes de temps de l'indicateur de 160 ms (Figure C.1) et de 100 ms (Figure C.2).

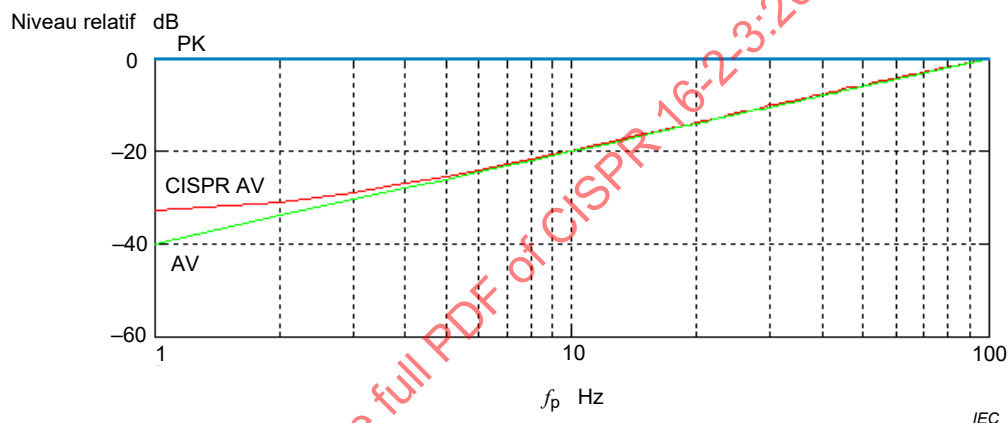


Figure C.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 160 ms

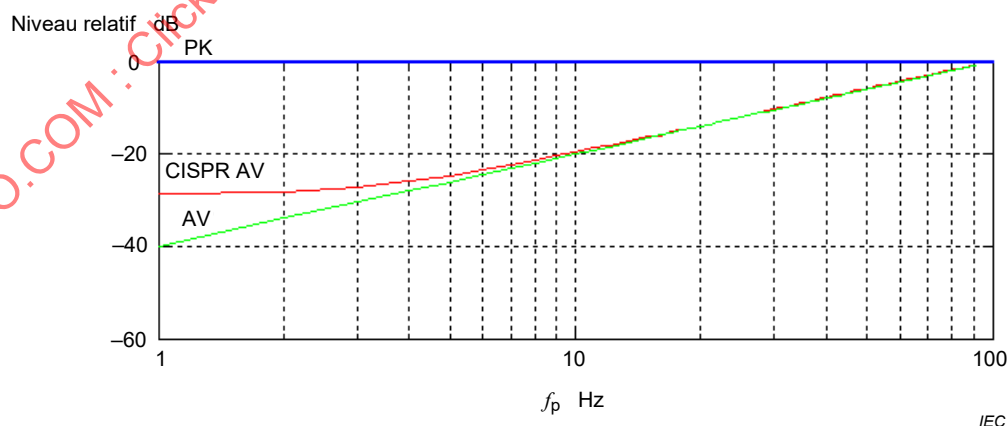


Figure C.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 100 ms

La Figure C.1 et la Figure C.2 impliquent que la différence entre la lecture de la valeur moyenne avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV) augmente à mesure que la fréquence de répétition de l'impulsion f_p diminue. La Figure C.3 et la Figure C.4 présentent la différence pour $f_p = 1$ Hz, en fonction de la largeur des impulsions.

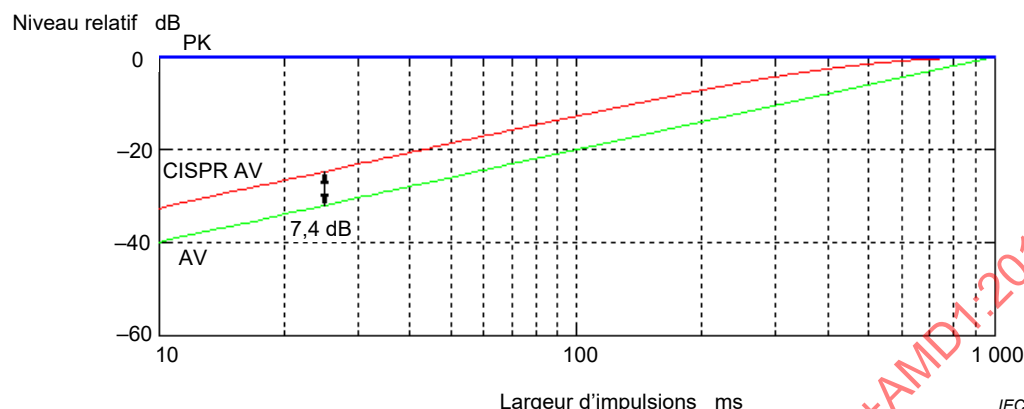


Figure C.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 160 ms

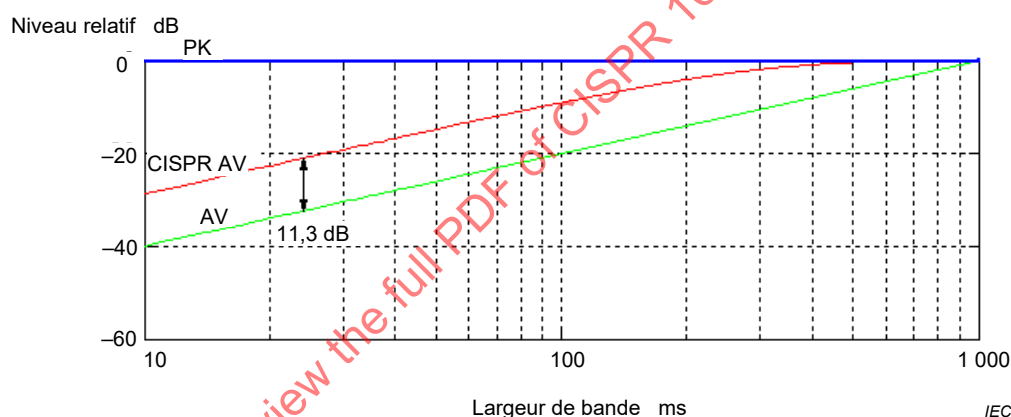


Figure C.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 100 ms

C.4 Procédure recommandée pour les mesurages automatiques ou semi-automatiques

Pour le mesurage d'EUT qui n'émettent pas de perturbations à bandes étroites faiblement intermittentes, instables ou variables, il est recommandé d'utiliser le détecteur de valeur moyenne et une largeur de bande de filtre vidéo de, par exemple, 100 Hz, c'est-à-dire une durée d'intégration brève pendant la procédure de présélection. Pour les fréquences dont l'émission est proche de la limite de moyennage, il est recommandé d'effectuer un mesurage final en utilisant une largeur de bande de filtre vidéo plus étroite, c'est-à-dire une durée d'intégration supérieure. (Pour la procédure de présélection/mesurage final, voir également l'Article 8 de la présente norme).

Pour des perturbations à bande étroite faiblement intermittentes, instables ou variables, des mesurages effectués manuellement présentent la méthode préférentielle.

Annexe D (informative)

Explication de la méthode de mesure de distribution de probabilité des amplitudes (DPA) appliquée à l'essai de conformité

L'une des deux méthodes suivantes est utilisée lorsque le mesurage de DPA s'applique à l'essai de conformité. La Figure D.1 et la Figure D.2 présentent les spécificités des méthodes de mesure de DPA, qui impliquent le mesurage du niveau de perturbation (c'est-à-dire Méthode 1, voir 7.6.6.3.2) et le mesurage de la probabilité (c'est-à-dire Méthode 2, voir 7.6.6.3.3), respectivement.

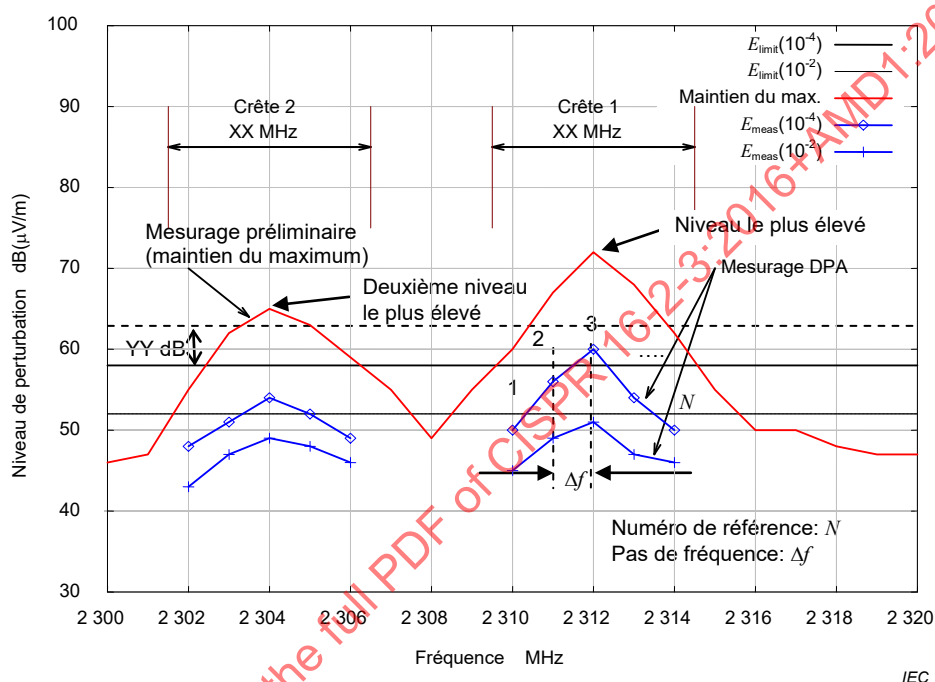


**Figure D.1 – Exemple de mesure de DPA par la Méthode 1
pour des perturbations fluctuantes**

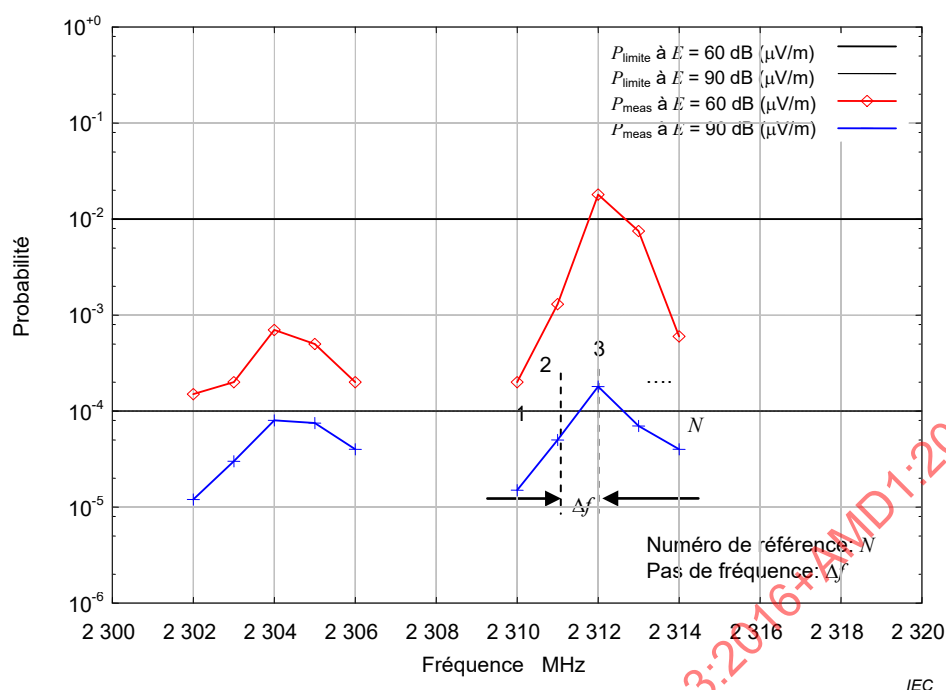


Figure D.2 – Exemple de mesure de DPA par la Méthode 2 pour des perturbations fluctuantes

Si les résultats des mesures préliminaires obtenus en utilisant le mode d'affichage «maintien du maximum» et la détection de crête, dépassent la limite de DPA spécifiée (si deux limites de DPA s'appliquent, il convient d'utiliser la limite supérieure) de YY dB à certaines fréquences, alors il convient d'effectuer le mesure de DPA à ces fréquences identifiées. La valeur YY dB doit être spécifiée par le comité de produits concerné (par exemple YY = 5, 10, etc.).

Dans le cas de perturbations fluctuantes, il convient que le comité de produits spécifie la plage de fréquences XX (= $\Delta f \times N$) MHz à l'intérieur de laquelle les mesures de DPA doivent être réalisés, et où Δf représente le pas de fréquence et où N est le nombre de fréquences. Il convient de spécifier cette plage de fréquences selon les caractéristiques du produit.

En premier lieu, XX est déterminé par les résultats des mesures préliminaires. Ensuite, il convient que Δf soit égal à la largeur de bande de résolution (RBW = 1 MHz pour les mesures au-dessus de 1 GHz) de l'analyseur de spectre. Cependant, toutes les fréquences dont la valeur de DPA se situe approximativement dans un intervalle de 6 dB par rapport à la limite de DPA peuvent exiger un examen complémentaire avec un pas de fréquence plus petit (c'est-à-dire $B_6/2$, où B_6 est la largeur de bande à 6 dB de l'analyseur de spectre). Pour les mesures au-dessus de 1 GHz, la largeur de bande de résolution de l'analyseur de spectre est définie par la largeur de bande des impulsions B_{imp} plutôt que par la largeur de bande à 6 dB, B_6 . La relation entre B_{imp} et B_6 dépend du type de filtre et ne peut pas être généralisée. Dans le cas où B_{imp} peut être approché par B_6 , il est alors recommandé d'utiliser $B_{imp}/2$ (c'est-à-dire 0,5 MHz) comme le plus petit pas de fréquence $B_6/2$ pour les mesures effectués au-dessus de 1 GHz. N est enfin déterminé à partir des valeurs de XX et Δf .

Annexe E (normative)

Détermination de l'aptitude à l'emploi des analyseurs de spectre pour les essais de conformité

L'utilisateur d'un analyseur de spectre doit être capable de démontrer, soit au moyen de spécifications du fabricant, soit par mesurage, que l'analyseur est conforme aux exigences de détection de quasi-crête à des fréquences de répétition des impulsions supérieures à 20 Hz dans la plage de fréquences concernée. Pour le détecteur de valeur moyenne, la réponse aux impulsions est mentionnée dans la CISPR 16-1-1.

Étant donné que le mesurage de la fréquence de répétition d'impulsions d'une émission peut ne pas toujours être possible, une méthode simple pour vérifier la validité du mesurage de quasi-crête doit être appliquée lorsqu'un analyseur de spectre est utilisé. Cette méthode est basée sur une comparaison entre les résultats de mesure des détecteurs de crête et de quasi-crête. D'après les fonctions de pondération de quasi-crête, les différences d'amplitude présentées dans le Tableau E.1 sont les résultats de mesure pour un signal avec une fréquence de répétition d'impulsions de 20 Hz.

**Tableau E.1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux
de crête et de quasi-crête détectés**

Bande A	Bande B	Bandes C et D
7 dB	13 dB	21 dB

Le mesurage de comparaison doit être effectué à des fréquences de signal indiquant une amplitude proche de la limite applicable dans une détection de quasi-crête. Si la différence entre l'amplitude de crête et de quasi-crête détectée est inférieure à la valeur du Tableau E.1, le mesurage de quasi-crête est valide et le résultat obtenu avec un analyseur de spectre peut être utilisé pour prouver la conformité. Si la différence d'amplitude est plus grande que les valeurs mentionnées dans le Tableau E.1, un récepteur de mesure satisfaisant entièrement aux exigences de faible PRF (fréquence de répétition d'impulsion) de la CISPR 16-1-1 doit être utilisé pour le mesurage de quasi-crête à la place d'un analyseur de spectre. Ce mesurage de comparaison exige un rapport signal sur bruit adéquat pour garantir des résultats corrects.

Annexe F (informative)

Informations contextuelles pour les spécifications relatives aux volumes d'EUT en fonction de la distance de mesure et de la plage de fréquences

F.1 Généralités

Les quatre critères suivants limitent le volume de l'EUT en fonction de la distance de mesure et de la plage de fréquences:

- la limitation des effets de sous-estimation de l'amplitude du champ lors des mesurages de perturbations rayonnées à une courte distance pour un EUT et un diamètre donné de volume d'EUT, comparé aux mesurages du même EUT à la distance de protection;
- la limitation due aux effets du champ proche;
- la limitation due à la largeur de faisceau de l'antenne de réception;
- la limitation due aux résultats de la validation de l'emplacement d'essai.

Le critère permettant d'obtenir le volume le plus petit pour chaque plage de fréquences doit être appliqué.

Concernant les critères relatifs à la spécification du volume de l'EUT de 7.1, à l'exception de 7.1.2.1 a) et c), les informations contextuelles sont fournies dans les Articles F.2, F.3, F.4 et F.5 suivants.

NOTE En cas de LLAS, de guide d'ondes TEM et de chambre réverbérante, les restrictions ne sont pas établies d'après les mêmes critères que pour les autres méthodes d'essai.

F.2 Critère 1 – Limitation des sous-estimations de l'amplitude du champ due à un rapport important diamètre volumique de l'EUT/distance de mesure pour des mesurages à courte distance

F.2.1 Généralités

Les mesurages de perturbations effectués à de courtes distances sont destinés à appuyer la démonstration de la conformité à une limite de perturbation à la distance de protection. La distance de protection est la distance pour laquelle la limite de perturbation rayonnée a été élaborée à l'origine. Dans le présent document, il est admis par hypothèse que la distance de protection soit de 30 m pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz et de 10 m pour la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz. Les configurations d'essai avec des distances de 3 m (pour des fréquences comprises entre 9 kHz et 1 000 MHz) et de 10 m (pour des fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz) sont des configurations alternatives d'essai qui ont été élaborées afin de faciliter les essais.

Il est nécessaire que les résultats d'une méthode alternative d'essai soient comparables à ceux des méthodes d'essai établies. Un bon exemple de conversion d'amplitude de champ pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz est donné en [19], [20]. Le CISPR TR 16-4-5 décrit les conditions de l'utilisation des méthodes alternatives d'essai. Il ne contient cependant pas de considérations concernant les EUT de grande dimension ou les effets du champ proche, et les exemples présentés dans son Annexe B sont limités aux petits EUT.

F.2.2 De 9 kHz à 30 MHz

En dessous d'environ 1,6 MHz à une distance de protection de 30 m, l'antenne de mesure se trouve dans le champ proche réactif de l'EUT et l'amplitude de champ magnétique diminue

proportionnellement à $1/d^3$. Pour une distance de 10 m, l'antenne de mesure se trouve dans le champ proche réactif à toutes les fréquences inférieures à environ 4,8 MHz, tandis que pour une distance de 3 m, l'antenne de mesure se trouve dans le champ proche réactif de l'EUT à toutes les fréquences inférieures à environ 16 MHz.

Par exemple, pour un diamètre volumique d'EUT de 3 m, avec l'EUT en rotation autour de son centre, une source de rayonnement située au centre de l'EUT se situe à 31,5 m de l'antenne de réception lorsque l'EUT est mesuré à une distance de protection de 30 m. En admettant l'hypothèse que l'amplitude du champ mesurée à 30 m du bord de l'EUT est égale à la limite applicable à 30 m, l'amplitude du champ depuis la source de rayonnement située au centre de l'EUT est de 1,3 dB au-dessus de cette limite. En cas de distance de mesure de 3 m, en formulant des hypothèses analogues (c'est-à-dire, diamètre volumique d'EUT de 3 m, avec amplitude de champ mesurée égale à la valeur limite), l'amplitude de champ depuis la source de rayonnement au centre de l'EUT est de 10,6 dB au-dessus de la limite (limite de 3 m, dans ce cas). Ceci représente une augmentation de 9,3 dB de l'écart entre les amplitudes de champ mesurées en provenance du centre de l'EUT et celles en provenance du bord de l'EUT, lorsque les mesurages sont effectués à 3 m, par rapport au niveau de cet écart pour la distance de mesure de 30 m.

Il convient de noter que la grandeur de 10,6 dB (ou 9,3 dB) contribue à l'incertitude du facteur de conversion de 30 m à 3 m avec un diamètre volumique maximal d'EUT de 3 m. Si le diamètre volumique de l'EUT est de 1,5 m, alors l'effet de sous-estimation de l'amplitude du champ pour l'emplacement le plus défavorable de la source de rayonnement au centre du volume de l'EUT pour une distance de mesure de 3 m comparée à la distance de protection de 30 m est de 5,2 dB (grandeur toujours élevée). Dans ce cas, il est proposé d'accepter 5 dB en guise de compromis, c'est-à-dire d'accepter un diamètre volumique de l'EUT de 1,5 m. Maintenir une valeur de 1 dB exige un diamètre d'EUT inférieur à 0,3 m, ce qui n'est pas acceptable.

Une solution pour un diamètre volumique d'EUT plus important (3 m, par exemple) dans cette plage de fréquences est présentée en [18], accompagnée d'une approche prudente pour la détermination des limites de perturbation pour une distance de mesure de 3 m.

F.2.3 De 30 MHz à 1 000 MHz

Dans cette plage de fréquences, les mesurages à des distances de 3 m et de 5 m constituent des méthodes alternatives d'essai, c'est-à-dire qu'elles sont alternatives à la méthode d'essai établie avec une distance de 10 m.

À des fins de comparaison, il est admis par hypothèse que les mesurages ont lieu dans des conditions de champ lointain (ou dans des conditions qui s'en rapprochent). Si le diamètre volumique de l'EUT est de 3 m, alors, pour une distance de mesure de 3 m, un radiateur situé au centre à une distance de séparation de 4,5 m, ce qui réduit la valeur mesurée de l'amplitude du champ à l'emplacement de l'antenne de 3,5 dB en dessous de la valeur qui serait mesurée par l'antenne de réception si le même radiateur se situait au bord du volume de l'EUT.

En comparaison avec la situation d'une distance de mesure de 10 m, dans laquelle le centre volumique de l'EUT se situe à 11,5 m de l'antenne, le rayonnement à partir du centre est réduit de 2,3 dB, lorsque le volume de l'EUT a un diamètre de 3 m à une distance de mesure de 3 m. Si le volume de l'EUT a un diamètre de 1,5 m, cet effet est réduit à environ 1,3 dB. Des considérations analogues s'appliquent si des EUT de grande dimension, par exemple, de 10 m de diamètre, sont mesurés à une distance de 10 m. Dans ce cas, il est nécessaire que les comités de produit prennent en considération le fait qu'une source de rayonnement au centre se trouve à 15 m de l'antenne de réception.

NOTE La source de rayonnement au centre de l'EUT ne représente pas le cas le plus défavorable pour cet effet particulier. Le scénario le plus défavorable peut être une source directive de rayonnement à des fréquences supérieures rayonnant vers le centre du volume de l'EUT, qui fait face à l'antenne de mesure lorsque cette source est le plus loin possible de l'EUT.

F.2.4 De 1 GHz à 18 GHz

Conformément au 7.6.2 du présent document, la distance préférentielle de mesure au-dessus de 1 GHz est de 3 m. Le 5.7 de la CISPR TR 16-4-4:2007 [16] utilise également une distance de 3 m pour les calculs de limites (en comparaison avec la puissance perturbatrice). Comme expliqué en F.3.4, les EUT sont de dimension généralement trop grande pour satisfaire à la condition de champ proche ne dépassant pas les écarts de 1 dB à une distance de 3 m. Par conséquent, lorsque l'EUT est adapté pour l'insertion dans la largeur de faisceau de 3 dB de l'antenne de mesure à une distance de 3 m (voir le 4.6.1 de la CISPR 16-1-4:2019 et le critère 3), le mesurage est valide en dépit des effets du champ proche. Dans le cas contraire, la distance de mesure doit être étendue à 5 m, ou 10 m au maximum, de sorte que la largeur de faisceau de l'antenne puisse englober l'EUT. Dans tous les cas, le volume d'essai doit être conforme aux critères de validation à la distance finale de mesure.

F.3 Critère 2 – Limitation due aux effets du champ proche

F.3.1 Généralités

Deux cas sont pris en considération pour les effets du champ proche, selon les dimensions relatives à la longueur d'onde de l'antenne de mesure et de la source de rayonnement à l'intérieur de l'EUT: les plages de fréquences et les EUT dans lesquels le champ proche est défini comme étant $d < \lambda$, et les plages de fréquences et les EUT dans lesquels le champ proche est défini comme étant $d < D^2/(2\lambda)$. Pour de plus amples informations, voir F.3.2 à F.3.4.

NOTE Dans la plupart des cas, seul l'EUT et ses dimensions sont connus, tandis que l'emplacement et les dimensions de la source de rayonnement à l'intérieur de l'EUT ne peuvent pas être identifiés.

F.3.2 De 9 kHz à 30 MHz

Dans cette plage de fréquences, toute partie de source de rayonnement de l'EUT est électriquement petite par rapport à la longueur d'onde. Ainsi, la limite entre le champ proche réactif et le champ proche radiatif se situe à une distance de $\lambda/2\pi$ de l'EUT, tandis que la limite entre le champ proche radiatif et le champ lointain se trouve à une distance de λ de l'EUT. En dessous d'environ 1,6 MHz, l'antenne de réception se trouve dans le champ proche réactif de l'EUT à toutes les distances de mesure, c'est-à-dire, 3 m, 10 m et 30 m. Entre environ 1,6 MHz et 10 MHz à une distance de mesure de 30 m, entre environ 4,8 MHz et 30 MHz à une distance de mesure de 10 m, et au-dessus d'environ 16 MHz à une distance de mesure de 3 m, l'antenne de réception se trouve dans le champ proche radiatif de l'EUT. À 10 MHz et plus (pour une distance de 30 m) ainsi qu'à 30 MHz (pour une distance de 10 m), l'antenne de réception se trouve dans le champ lointain de l'EUT. Pour une distance de 3 m, l'antenne de réception se trouve dans le champ proche radiatif de l'EUT pour toutes les fréquences comprises entre 16 MHz et 30 MHz; dans ce cas, les conditions de champ lointain commencent uniquement à 100 MHz. Les limites de perturbation rayonnée (amplitude de champ magnétique) sont définies pour plusieurs distances de mesure en tenant compte des facteurs de conversion dépendant de la fréquence depuis la distance de protection.

Les limitations des volumes d'EUT satisfaisant au critère 1 prennent en considération les effets du champ proche. Pour les mesurages réels, il convient d'éviter tout écart par rapport à la distance de mesure spécifiée. Tout écart par rapport à la distance de mesure spécifiée doit être pris en considération lors de l'analyse d'incertitude. Concernant les mesurages *in situ*, les limites de perturbation aux distances variables peuvent être consultées en 7.7 du présent document.

NOTE Les exigences et méthodes de validation pour les emplacements d'essai en dessous de 30 MHz sont en cours d'élaboration.

F.3.3 De 30 MHz à 1 000 MHz

La distance de 10 m est la distance de protection pour les matériels à utiliser dans les emplacements résidentiels, ce qui signifie qu'il convient que les matériels de toute dimension soient mesurables à une distance de 10 m, car il s'agit de la distance préférentielle. Les matériels à utiliser dans les emplacements résidentiels sont généralement plus petits que les matériels à utiliser dans les emplacements industriels. La distance de protection pour les matériels à utiliser dans les emplacements industriels est de 30 m. Cependant, en dépit de l'OATS de 30 m spécifié dans la CISPR 16-1-4, les matériels destinés à être utilisés dans les emplacements industriels et supérieurs à $D = 3$ m ne peuvent pas être limités à un mesurage exclusif à une distance de 30 m. Le mesurage propre aux OATS/SAC pour une distance de 10 m est défini en 7.3.1 du présent document. La méthode de mesure à 10 m constitue la méthode établie d'essai dans la CISPR TR 16-4-5. Cependant, le critère de champ proche s'applique aux distances de mesure de 3 m et de 5 m, étant donné que la conversion des limites de perturbation pour les méthodes alternatives d'essai fonctionne uniquement pour les matériels de taille suffisamment petite.

L'inégalité donnée en 7.3.4 utilisée afin de déterminer la distance minimale de mesure en fonction du diamètre volumique D de l'EUT est:

$$d \geq \frac{D^2}{2\lambda} \quad (\text{F.1})$$

Selon Silver [23], l'Équation (F.1) s'applique pour les exigences en champ lointain des mesurages de diagrammes d'antennes à ouverture. La référence [23] explique les informations contextuelles comme suit.

Le gain d'antenne G mesuré à une distance d est donné par

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \left(\frac{\sin x}{x} \right)^2, \text{ où } x = \frac{ka^2}{4d} \text{ avec } k = 2\pi/\lambda \text{ et } a = D/2, A = \text{ouverture}$$

Dans les mesurages d'amplitude de champ CISPR, l'amplitude est l'objet principal. Elle est représentée par le facteur $(\sin x/x)^2$ exprimant le rapport du gain G mesuré à la distance d du gain G_0 du champ réel de Fraunhofer à l'infini. Les valeurs du rapport de gain G/G_0 pour trois cas différents sont les suivantes:

$$\text{pour } d = 2D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,99 = -0,04 \text{ dB}$$

$$\text{pour } d = D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,94 = -0,27 \text{ dB}$$

$$\text{pour } d = D^2/2\lambda \quad G/G_0 = 0,81 = -0,91 \text{ dB}$$

Ceci signifie que l'Équation (F.1) comprend les écarts d'amplitude par rapport au champ lointain en raison des effets du champ proche à proximité de 1 dB. Les valeurs des deux premières lignes du Tableau F.1 ont été déduites à l'aide de l'Équation (F.1).

Tableau F.1 – Diamètres ($D_{\max}$) et hauteurs ($h_{\max}$) maximaux du volume de l'EUT résultant de la Formule (F.1) pour différentes distances de mesure (d)

d/m	3	5	10	30
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ à 500 MHz	1,9	2,45	3,46	6,0
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ à 1 000 MHz	1,34	1,73	2,45	4,24
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ recommandés	1,5	2,0	3,0 ^a	-
^a Volume maximal recommandé pour une FAR comme méthode alternative d'essai				

Pour ses conditions applicables, l'Équation (F.1) donne lieu à une valeur $D = 1,34$ m à une distance de mesure de 3 m à 1 000 MHz, ce qui est proche d'un diamètre et d'une hauteur de 1,5 m. Cependant, pour un OATS/une SAC, le fait que la hauteur de l'EUT a doublé en raison de l'image de l'EUT dans le plan de masse doit être pris en compte. Un diamètre de 1,5 m et une hauteur de 1,5 m à une distance de 3 m constituent un bon compromis. En réalité, l'EUT ne fait pas 3 m de hauteur, mais il s'agit d'un EUT de 1,5 m de hauteur mutuellement couplé avec son image dans le plan de masse. Au cours de la scrutation en hauteur de l'antenne à une distance de 3 m, la valeur maximale obtenue peut être différente de celles obtenues à une distance de 10 m.

Il est nécessaire d'évaluer l'incertitude due à l'effet du champ proche pour la hauteur doublée de l'EUT. Il convient de noter que le commentaire D3) de l'Annexe D de la CISPR 16-4-2:2011 calcule un facteur de correction et une contribution à l'incertitude à une distance de mesure de 3 m en raison de la directivité de l'antenne d'après une hauteur d'EUT de 1,5 m. Cependant, U_{CISPR} ne prend pas en compte les incertitudes dues aux effets du champ proche, ce qui signifie que l'incertitude due aux effets du champ proche n'est pas connue à une distance de mesure de 3 m. Au-dessus d'environ 300 MHz, la longueur du câble contribuant au volume de l'EUT peut être considérée comme étant réduite de sorte à être inférieure à une longueur d'onde λ (voir Garbe [22]).

NOTE L'effet de l'image peut être évité en effectuant des mesurages dans une FAR. Une FAR présente les différents avantages suivants sur les emplacements d'essai avec un plan de masse réfléchissant:

- une FAR évite que la hauteur de l'EUT ne double en raison de l'absence d'un plan de masse;
- l'inclinaison des antennes directives n'est pas nécessaire;
- aucune scrutation en hauteur de l'antenne n'est nécessaire;
- les facteurs d'antenne en espace libre s'appliquent, c'est-à-dire qu'il n'y a aucun couplage mutuel avec le plan de masse;
- les effets du champ proche contribuent à l'incertitude de mesure de moins de 1 dB.

À l'extrémité basse de la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz, c'est-à-dire, à 30 MHz, l'analyse de la Figure C.4 de la CISPR 16-1-6:2014 (reprise à la Figure F.1) fournit des justifications de l'espérance selon laquelle l'écart dû aux effets du champ proche pour les petits EUT est inférieur à 1 dB à une distance de mesure de 3 m. L'Équation (C.17) de la CISPR 16-1-6:2014 s'applique en champ lointain et l'Équation (C.31) de la CISPR 16-1-6:2014 s'applique dans des conditions de champ proche. De même, dans le champ proche, les AF s'écartent des AF en espace libre (voir la Figure F.2).

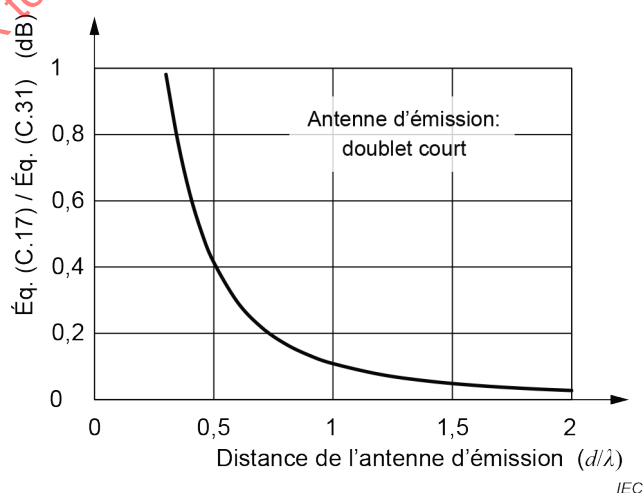


Figure F.1 – Comparaison entre l'amplitude de champ donnée par l'Équation (C.17) de la CISPR 16-1-6:2014 et la région de champ proche donnée par l'Équation (C.31) de la CISPR 16-1-6:2014

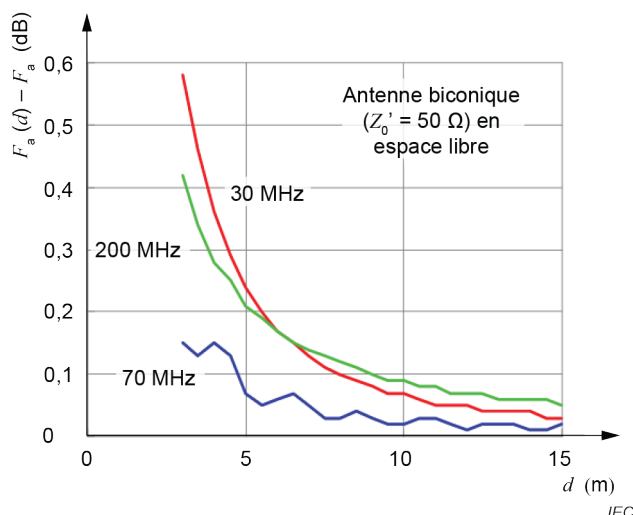


Figure F.2 – Écart des AF en champ proche par rapport aux AF en espace libre d'une antenne biconique (issue de la Figure C.5.b) de la CISPR 16-1-6:2014)

F.3.4 De 1 GHz à 18 GHz

Au-dessus de 1 GHz, l'application de la Formule (F.1) au volume de l'EUT donne lieu à de très petits volumes d'EUT, par exemple, à 6 GHz, et à une distance de 3 m, le diamètre volumique et la hauteur de l'EUT sont limités à 0,5 m au lieu de 1,4 m. Le 7.6.2 indique: "les composantes dominantes des signaux de perturbation de l'EUT peuvent par hypothèse être incohérentes et rayonnées à partir d'une source ponctuelle". C'est pourquoi, dans cette plage de fréquences, la grandeur D est uniquement appliquée aux dimensions de l'antenne de réception. Cependant, la déclaration "le faisceau de l'antenne doit englober l'EUT" est toujours applicable (voir F.4.4).

NOTE L'hypothèse selon laquelle un EUT peut être représenté comme étant un groupe de sources ponctuelles n'a pas été démontrée.

En outre, au-dessus de 1 GHz, le principe de distance préférentielle de mesure (de 3 m) s'applique et la limite de perturbation s'applique pour cette distance. Tout écart par rapport à cette distance de mesure doit être vérifié avec soin, car la loi de fonction inverse de la distance applicable pour la correction des limites de perturbation ne s'applique pas aux EUT qui dépassent la condition de champ lointain. La CISPR 16-4-2 ne prend pas en considération les effets du champ proche pour les mesurages à la distance préférentielle. Cependant, les effets du champ proche augmentent avec des EUT de plus grande dimension. C'est pourquoi un volume d'EUT de 1,5 m sur 1,5 m est recommandé comme dimension maximale à une distance de mesure de 3 m en dépit du fait que les largeurs de faisceau de l'antenne présentées dans le Tableau 5 permettent des diamètres volumiques d'EUT et des hauteurs d'EUT de 3 m sur 3 m jusqu'à environ 6 GHz. De même, si un volume d'EUT de 1,5 m sur 1,5 m s'avère raisonnable en dessous de 1 GHz, il convient de ne pas augmenter ses dimensions au-dessus de 1 GHz. L'incertitude due aux effets du champ proche dans cette plage de fréquences peut faire l'objet d'une étude plus approfondie par le CISPR/A.

F.4 Critère 3 – Limitation due à la largeur de faisceau de l'antenne de réception

F.4.1 Généralités

La scrutation d'une antenne, dont la HPBW n'englobe pas l'EUT dans sa totalité, aux bornes de l'EUT, par pas de la largeur de faisceau de l'antenne au cours des mesurages réels, donne lieu à une incertitude de conformité normalisée (SCU - *standards compliance uncertainty*), car certaines antennes peuvent couvrir entièrement le rayonnement de l'EUT, tandis que d'autres ne couvrent le rayonnement de l'EUT que partiellement. Par conséquent,

il est nécessaire que l'opérateur connaisse la HPBW (largeur de faisceau d'antenne de 3 dB) de sorte que l'EUT soit englobé dans sa totalité.

Idéalement, il convient de mesurer le rayonnement combiné de toutes les parties au sein du volume de l'EUT dans le champ lointain, c'est-à-dire, dans la région de Fraunhofer. Si l'antenne de réception est plus proche que cette distance de champ lointain, c'est-à-dire, dans la région de Fresnel, les rayons provenant des parties de l'EUT peuvent être hors phase et, dans le cas le plus extrême, le rayonnement peut sembler supprimé, présentant le danger de rendre satisfaisant au mesurage de la perturbation rayonnée l'EUT qu'il convient de faire échouer à ce mesurage. Si le volume de l'EUT n'est pas englobé dans sa totalité par la HPBW et, par conséquent, si l'EUT est mesuré en incréments séparés de hauteur, l'amplitude du champ électrique mesurée peut ne pas représenter la combinaison réelle de toutes les composantes au point d'essai. Par conséquent, l'amplitude de champ perturbateur résultante n'est pas connue. L'utilisation d'incrément de hauteur se rapproche de l'utilisation d'une sonde de champ pour "renifler" le rayonnement à proximité de l'EUT. Le reniflage est utile, car il identifie la présence d'un rayonnement et sa fréquence, mais il s'agit d'une mesure inexacte de l'amplitude du rayonnement résultant à la distance limite.

F.4.2 De 9 kHz à 30 MHz

La directivité (et la largeur de faisceau) de l'antenne-cadre de réception ne constitue généralement pas un facteur limitant puissant pour le volume de l'EUT.

NOTE Des méthodes de mesure des perturbations rayonnées dans cette plage de fréquences sont en cours d'élaboration.

F.4.3 De 30 MHz à 1 000 MHz

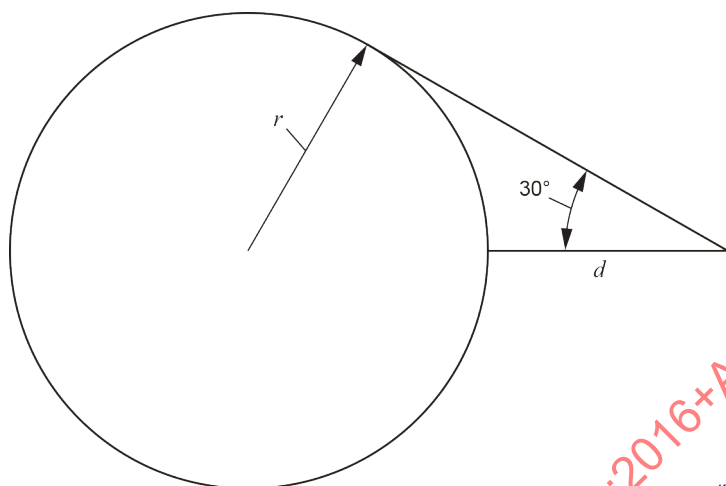
La directivité de l'antenne de mesure constitue un facteur d'influence de l'incertitude des mesurages de perturbations rayonnées. La HPBW de l'antenne de réception doit englober l'EUT dans sa totalité ainsi que son image dans le plan de masse (sauf lorsqu'il est soumis à l'essai dans une FAR). Dans la plage de fréquences jusqu'à 1 000 MHz, le faisceau d'antenne le plus étroit est le faisceau du plan E d'une antenne LPDA (la largeur de faisceau d'une antenne biconique est plus importante). La largeur de faisceau type (HPBW du plan E) d'une antenne LPDA est de 60° ($2 \times 30^\circ$). Si la largeur de faisceau de 3 dB définit le diamètre du volume d'essai, alors pour $d = 3$ m, le diamètre volumique de l'EUT peut être de 6 m ($r = d$; voir la Figure F.3). Un diamètre volumique d'EUT de 6 m est quatre fois plus important que le diamètre de 1,5 m établi par la limitation des effets du champ proche.

La spécification relative au volume de l'EUT doit également comprendre la hauteur maximale de l'EUT. À une distance de 3 m, une largeur de faisceau de 60° est égale à des hauteurs d'EUT de $\pm 1,73$ m au-dessus et en dessous de l'axe de l'antenne si l'antenne est orientée horizontalement. Par conséquent, si l'antenne n'est pas inclinée mais qu'elle est maintenue parallèle au sol à toutes les hauteurs, elle n'est en mesure d'englober ni l'EUT ni l'image de l'EUT dans le plan de masse dans la largeur de faisceau de l'antenne pour la plupart des hauteurs, si ce n'est toutes, comprises dans une plage applicable de scrutation en hauteur de 1 m à 4 m. Le facteur d'antenne s'applique à l'axe de visée de l'antenne et à la valeur maximale du diagramme de rayonnement. L'EUT peut être vu dans sa totalité uniquement si l'antenne est inclinée vers le point au niveau duquel l'EUT touche le plan de masse. Certains fabricants fournissent des pylônes d'antennes avec un angle d'inclinaison optimal, tel que représenté à la Figure F.4 b).

Lorsque l'antenne est inclinée de sorte que la direction de son axe de visée soit toujours orientée vers le point au niveau duquel l'EUT touche le plan de masse, et en prenant pour hypothèse une HPBW de 60° pour une distance de mesure de 3 m, l'EUT se situe dans la HPBW si sa hauteur ne dépasse pas 1,6 m environ.

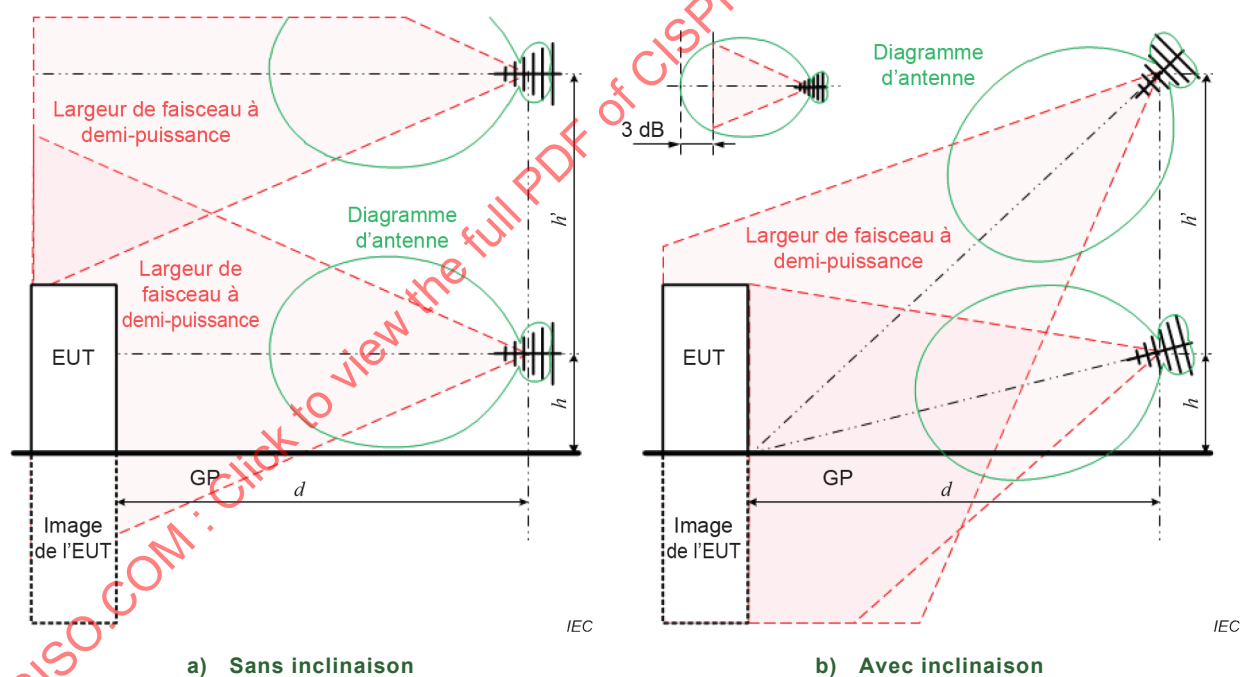
Cette analyse des effets de la directivité de l'antenne démontre que la spécification relative à la hauteur de l'EUT pour un OATS/une SAC est plus importante que la spécification relative

au diamètre volumique de l'EUT. Cependant, la limitation des effets du champ proche exige tout de même des hauteurs d'EUT inférieures. Lorsque les EUT ne peuvent pas être conformes aux limites de volume d'EUT indiquées dans le Tableau 10, des mesures peuvent être effectués à une distance supérieure (jusqu'à 10 m) en modifiant la position de l'antenne de réception.



IEC

Figure F.3 – Rayon r du volume d'essai pour une distance d donnée et une largeur de faisceau d'antenne de 60°



a) Sans inclinaison

b) Avec inclinaison

Figure F.4 – Effet de la directivité de l'antenne

F.4.4 De 1 GHz à 18 GHz

Le 7.6.6.1 du présent document ainsi que la CISPR 16-1-4 (voir F.2.4) exigent que la HPBW de l'antenne englobe l'EUT. Le Tableau 5 du présent document donne les valeurs du diamètre volumique et de la hauteur de l'EUT pour trois types d'antennes. La largeur w et la hauteur h maximales de l'EUT sont calculées entre la HPBW de l'antenne de réception et la distance de mesure à l'aide de l'Équation (13). Un exemple de HPBW exprimée en degrés est également donné à la Figure F.5.

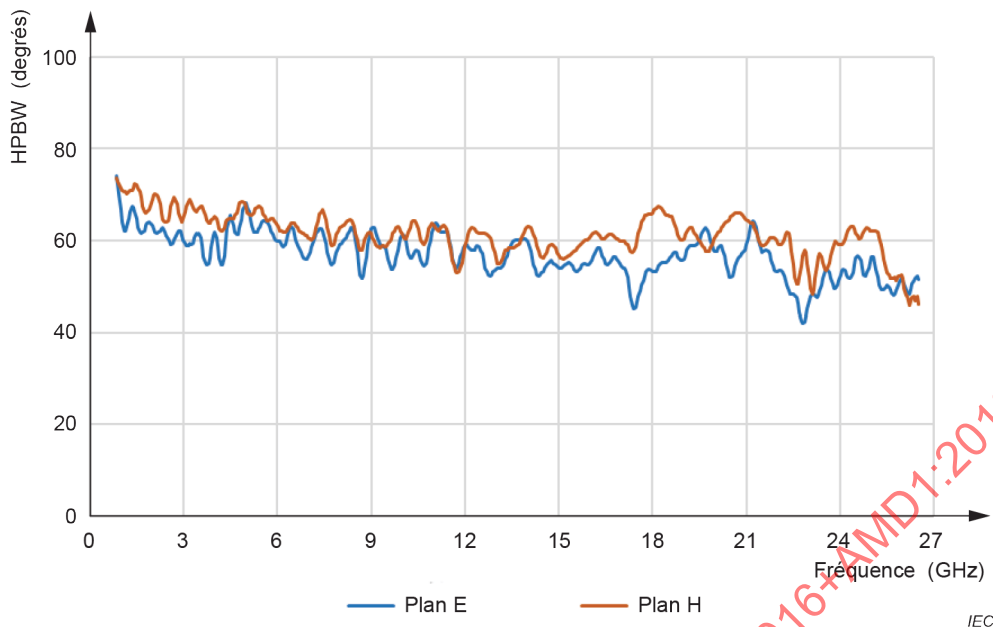


Figure F.5 – HPBW (plan E/plan H) d'une antenne LPDA de type V

Pour les distances de mesure plus importantes, la limite de perturbation peut être réduite, en admettant par hypothèse que les conditions de champ lointain sont appliquées, à l'aide de l'équation $L_2 = L_1 + 20 \lg(d_1/d_2)$, où L_1 est la limite à la distance normalisée $d_1 = 3$ m, et L_2 est la limite à la distance choisie d_2 . La réduction est de -4,4 dB pour $d_2 = 5$ m, et de -10,5 dB pour $d_2 = 10$ m. Lorsqu'une juridiction applicable ne permet pas la modification de la limite de perturbation, des résultats de mesure peuvent être corrigés en lieu et place, à l'aide de la formule $M_1 = M_2 + 20 \lg(d_2/d_1)$, où M_1 est le résultat de mesure corrigé à comparer avec la limite L_1 à la distance normalisée, et M_2 est le résultat mesuré à d_2 . La correction est de 4,4 dB pour $d_2 = 5$ m et de 10,5 dB pour $d_2 = 10$ m.

En raison de la réduction des limites, les niveaux de bruit sont plus proches des limites de perturbation; si une correction des résultats de mesure est effectuée en lieu et place d'une réduction des limites, les résultats de mesure à d_2 sont plus proches du niveau de bruit. La Figure F.6 représente un schéma fonctionnel de système comprenant un préamplificateur et un récepteur de mesure. À noter qu'une marge plus importante entre le niveau de bruit et la limite est présente avec un détecteur de crête, car la limite du détecteur de crête est supérieure de 20 dB à la limite du détecteur de valeur moyenne, et le niveau de bruit du détecteur de crête est généralement supérieur de 12 dB au niveau de bruit du détecteur de valeur moyenne. Le niveau de bruit E_N en dB(μV/m) est calculé à l'aide de l'Équation (F.2) et l'Équation (F.3):

$$E_{Nav} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Nav} + F_a \text{ (pour le détecteur de valeur moyenne)} \quad (F.2)$$

$$E_{Npk} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Npk} + F_a \text{ (pour le détecteur de crête)} \quad (F.3)$$

où $10\lg F_{tot}$ est le facteur de bruit du système de réception, donné par l'Équation (F.4),

$$10\lg F_{tot} = a_{c1} + 10\lg[F_1 + (F_2 - 1)/10^{(G_1 - a_{c2})/10}] \quad (F.4)$$

et

- F est le facteur de bruit (pour le préamplificateur F_1 , pour le récepteur F_2), avec $10\lg F$ = facteur de bruit (parfois désigné à l'aide du symbole NF);
- B_N est la largeur de bande de bruit du récepteur, en Hz (une valeur de 0,707 MHz est utilisée pour un filtre gaussien de 1 MHz)
- w_{Nav} est w_{Nlinav} ou w_{Nlogav} , selon le cas
- w_{Nlinav} est le facteur de pondération du bruit pour le détecteur linéaire de valeur moyenne (généralement de –1 dB)
- w_{Nlogav} est le facteur de pondération du bruit pour le détecteur logarithmique de valeur moyenne (généralement de –2,5 dB)
- w_{Npk} est le facteur de pondération du bruit pour le détecteur de crête (généralement de 11 dB)
- F_a est le facteur d'antenne (une antenne avec un gain moyen de 8,5 dB est envisagée, ce qui donne lieu à des facteurs d'antenne d'environ 22 dB(m⁻¹) à 1 GHz, de 37 dB(m⁻¹) à 6 GHz et de 47 dB(m⁻¹) à 18 GHz)

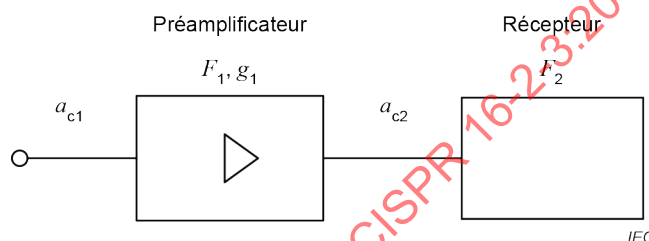


Figure F.6 – Récepteur de mesure à préamplificateur externe

La Figure F.7 représente le niveau de bruit avec un détecteur linéaire de valeur moyenne comparé à la limite de perturbation de la CISPR 32 [17] à des distances de 3 m, 5 m et 10 m.

NOTE 1 Le facteur de bruit de système de 4 dB utilisé à la Figure F.7 peut être obtenu en prenant pour hypothèse un facteur de bruit de récepteur de $10\lg F_2 = 10,5$ dB et un affaiblissement $a_{c2} = 3$ dB à 6 GHz d'un câble de 10 m (câble souple à faible perte de type LMR 500) avec un gain de préamplificateur externe $G_1 = 16$ dB et un facteur de bruit $10\lg F_1 = 3$ dB à proximité de l'antenne ($a_{c1} = 0$ dB) à l'aide de l'Équation (F.4), dans laquelle le gain du préamplificateur est corrigé à l'aide de $g_{1corr} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, c'est-à-dire que l'affaiblissement du câble réduit le gain du préamplificateur de 3 dB.

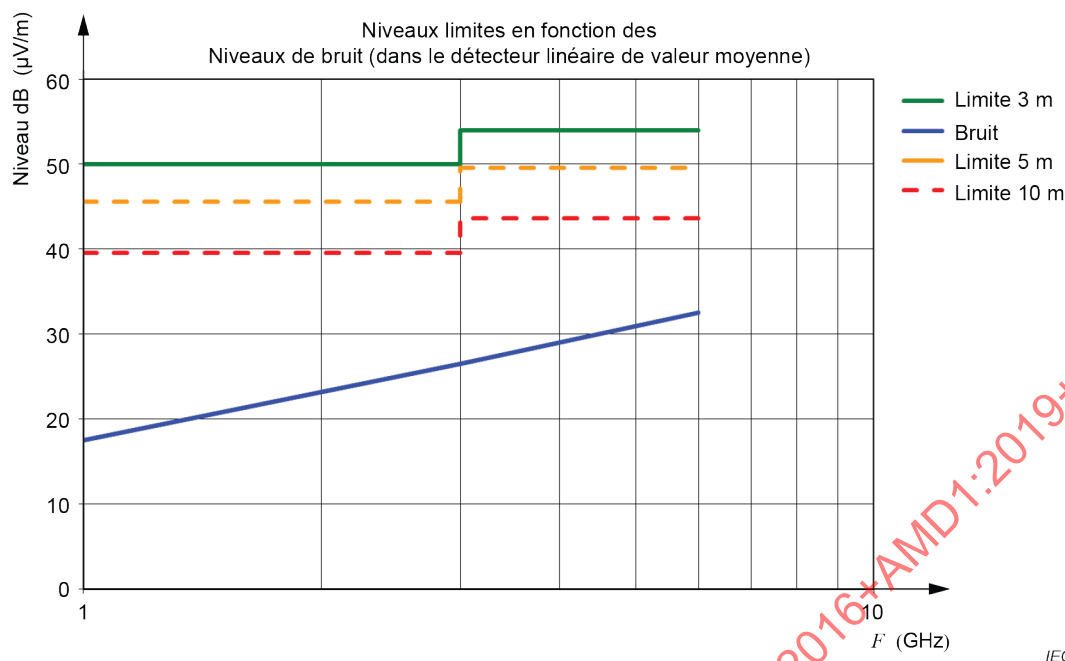


Figure F.7 – Niveau de bruit E_{Nlinav} (exemple pour $10\lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur linéaire de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 6 GHz

La Figure F.8 représente le niveau de bruit avec un détecteur logarithmique de valeur moyenne (appelé “mesurages pondérés”) comparé à la limite de perturbation du Tableau 14 de la CISPR 11:2015 [15] à des distances de 3 m, 5 m, et 10 m.

NOTE 2 Le facteur de bruit de système de 4 dB utilisé dans la Figure F.8 peut être obtenu en prenant pour hypothèse un facteur de bruit de récepteur de $10\lg F_2 = 20$ dB à et un affaiblissement de $a_{c2} = 6,8$ dB à 18 GHz d'un câble de 10 m (câble à faible perte de type HF-290) avec un gain de préamplificateur externe $G_1 = 27$ dB et un facteur de bruit $10\lg F_1 = 3$ dB à proximité de l'antenne ($a_{c1} = 0$ dB) à l'aide de l'Équation (F.4), dans laquelle le gain du préamplificateur est corrigé à l'aide de $g_{1corr} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, c'est-à-dire que l'affaiblissement du câble réduit le gain du préamplificateur de 6,8 dB.

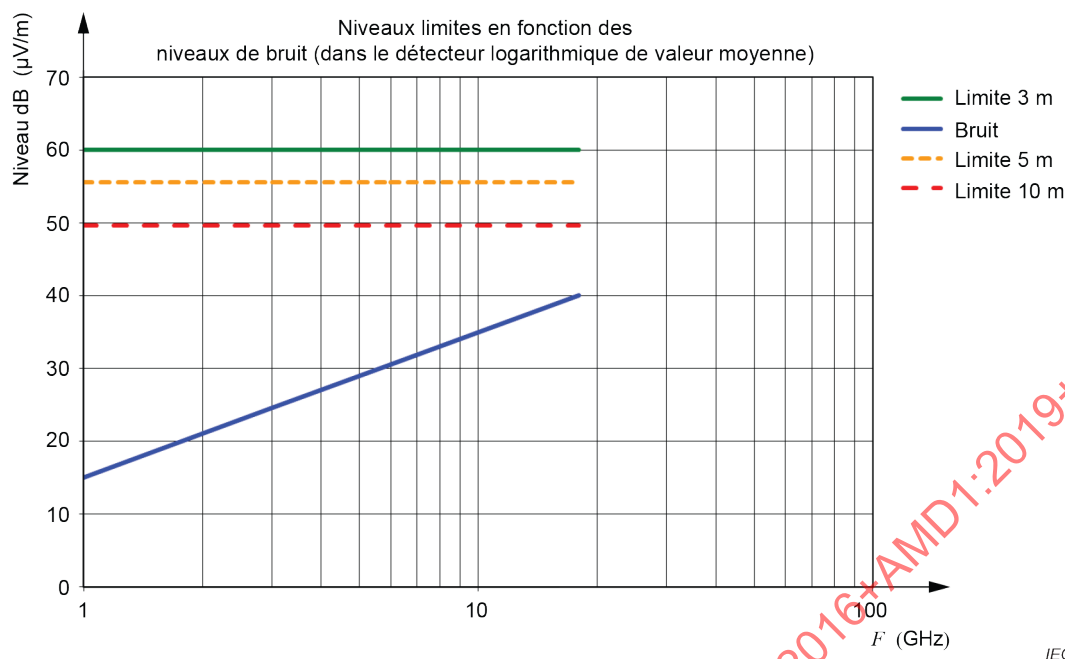


Figure F.8 – Niveau de bruit E_{Nlogav} (exemple pour $10 \lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur logarithmique de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz

F.5 Critère 4 – Limitation due aux résultats de la validation de l'emplacement d'essai

F.5.1 Généralités

La validation de l'emplacement d'essai détermine le volume d'essai ; i.e un volume d'EUT ne peut pas être supérieur au volume d'essai établi par les résultats de mesure de la validation de l'emplacement.

F.5.2 De 9 kHz à 30 MHz

Les procédures de validation des emplacements sont en cours d'élaboration.

F.5.3 De 30 MHz à 1 000 MHz

La distance, la qualité et la réflectivité du matériau absorbant autour de l'EUT limitent le volume d'essai. Les méthodes de validation d'emplacement NSA et RSM pour la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz dans la CISPR 16-1-4 exigent que l'affaiblissement de l'emplacement (SA – *site attenuation*) mesuré entre deux antennes ne s'écarte pas du SA idéal de plus d'une tolérance spécifiée. Dans cette plage de fréquences, les procédures de validation permettent tous les diamètres de volumes d'essai, uniquement limités par les dimensions des chambres en ce qui concerne les SAC et les FAR, ou par les dimensions du plan de masse et la zone sans obstacle en ce qui concerne l'OATS. Les procédures de validation peuvent être adaptées pour des hauteurs de volumes d'essai plus importantes que celles actuellement indiquées dans la CISPR 16-1-4. Les effets du champ proche entre les paires d'antennes ne sont nullement pris en considération. De même, la directivité des antennes ne limite pas le volume d'essai, car les antennes sont toujours dirigées les unes vers les autres.

F.5.4 De 1 GHz à 6 GHz ou à 18 GHz

Au-dessus de 1 GHz, la méthode S_{VSWR} exige que le volume d'essai des OATS/SAC à revêtement absorbant satisfasse aux critères de la CISPR 16-1-4. Cette norme inclut l'exigence selon laquelle le volume d'essai est englobé par la largeur de faisceau de l'antenne de réception.

Bibliographie

- [1] CISPR 11:2009, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*
- [2] CISPR 16-1-6:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-6: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Étalonnage des antennes CEM*
- [3] CISPR TR 16-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
CISPR TR 16-3:2010/AMD1:2012
CISPR TR 16-3:2010/AMD2:2015
- [4] CISPR 22:2008, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*
- [5] IEC 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*
- [6] ISO/IEC Guide 2:2004, *Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général*
- [7] ISO/IEC 17000:2004, *Évaluation de la conformité – Vocabulaire et principes généraux*
- [8] IEC 61000-4-21, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-21: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai en chambre réverbérante*
- [9] Guide ISO/IEC 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*
- [10] IEC 60050-151:2001, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*
IEC 60050-151:2001/AMD1:2013
IEC 60050-151:2001/AMD2:2014
- [11] Chen, Z., Foegelle, M.D. et Harrington, T., *Analysis of log periodic dipole array antennas for site validation and radiated emissions testing*, IEEE EMC Symposium, Seattle, 1999, p. 618-623
- [12] Ryser, H., *Motivation for the use of CMAD in radiated emission measurements (CMAD: Common mode absorption devices)*, Rapport 2007-218-630, Institut fédéral de métrologie (METAS), Bern-Wabern, Suisse, 11 Septembre 2007, PDF disponible en téléchargement sur le site <http://www.metas.ch/2007-218-630>
- [13] Guide IEC 109, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*
- [14] IEC 60050-712:1992, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 712: Antennes*
- [15] CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

- [16] CISPR TR 16-4-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-4: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services* (disponible en anglais seulement)
- [17] CISPR 32:2015, *Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia – Exigences d'émission*
- [18] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., and Wittenburg, J., "Feldstärkeumrechnung von 30 m auf kürzere Meßentfernungen", *et* Bd. 110, 1989, Heft 16, Seite 820 – 825
- [19] CISPR/B/587A/INF: Rationale for the limits for the magnetic field strength for class A, group 2 equipment measured on a test site in 3 m distance (confirmée dans la CISPR 11:2015 [15])
- [20] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., et Wittenburg, J., "Umrechnung der Funkstör-Feldstärke-Grenzwerte für 30 m Meßentfernung auf 3 m bzw. 10 m im Frequenzbereich unter 30 MHz", *Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV '90, Kongress Karlsruhe, Bundesrepublik Deutschland 13.-15. März 1990, VDE-Verlag Berlin Offenbach.* (Traduction anglaise disponible: "Conversion of the Radio Interference Field Strength Limit values for a Testing Distance from 30 m to 3 m or 10 m in the Frequency Range of 9 kHz to 30 MHz")
- [21] Garbe H., et Battermann, S., "Converting Total Radiated Power Measurements to Equivalent E-Field Data", *IEEE Intl. Symposium on EMC*, Détroit, août 2008
- [22] Garbe, H., "How large is a large EUT? Influence of the DM-CM Conversion to Radiation", *Intern. Conf. on EMC 2009*, pp 677-680, Kyoto, Japon, juillet 2009
- [23] Silver, S., *Microwave Antenna Theory and Design*. Première publication en 1949 par McGraw-Hill Book Company Inc. Réimpression 1986
- [24] Fujii, K., Basic characteristics of magnetic field antenna factor of loop antennas for EMI measurements, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0102
- [25] Fujii, K., Effects of feed gap arrangements of loop antennas on site validation for EMI measurements below 30 MHz, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0127

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

FINAL VERSION

VERSION FINALE



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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

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 – Mesurages des perturbations rayonnées

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION to Amendment 1	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms, definitions and abbreviations	13
3.1 Terms and definitions.....	13
3.2 Abbreviated terms.....	19
4 Types of disturbance to be measured	20
4.1 General.....	20
4.2 Types of disturbance.....	20
4.3 Detector functions.....	21
5 Connection of measuring equipment.....	21
6 General measurement requirements and conditions	21
6.1 General.....	21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test.....	21
6.2.1 General	21
6.2.2 Compliance (conformity assessment) testing.....	22
6.3 Measurement of continuous disturbance	22
6.3.1 Narrowband continuous disturbance.....	22
6.3.2 Broadband continuous disturbance.....	22
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers.....	22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions.....	22
6.4.1 General arrangement of the EUT	22
6.4.2 Operation of the EUT.....	25
6.4.3 EUT time of operation.....	25
6.4.4 EUT running-in time.....	25
6.4.5 EUT supply.....	25
6.4.6 EUT mode of operation.....	25
6.4.7 Operation of multifunction equipment.....	25
6.4.8 Determination of arrangement(s) causing maximum emissions	26
6.4.9 Recording of measurements	26
6.5 Interpretation of measuring results.....	26
6.5.1 Continuous disturbance	26
6.5.2 Discontinuous disturbance.....	26
6.5.3 Measurement of the duration of disturbance	27
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance.....	27
6.6.1 General	27
6.6.2 Minimum measurement times	27
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers.....	28
6.6.4 Scan times for stepping receivers	29
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	29
6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments.....	33
7 Measurement of radiated disturbances	36
7.1 General.....	36
7.1.1 General remarks and overview of test methods.....	36

7.1.2	Overview of maximum EUT volumes depending on measurement method, frequency range, and measurement distance	37
7.2	Loop-antenna system measurements (9 kHz to 30 MHz)	39
7.2.1	General	39
7.2.2	General measurement method	40
7.2.3	Test environment	41
7.2.4	Configuration of the equipment under test	41
7.2.5	Measurement uncertainty for LLAS	42
7.3	Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (30 MHz to 1 GHz)	42
7.3.1	Measurand	42
7.3.2	Test site requirements	45
7.3.3	General measurement method	45
7.3.4	Measurement distance	46
7.3.5	Antenna height variation	47
7.3.6	Product specification details	47
7.3.7	Measurement instrumentation	49
7.3.8	Field-strength measurements on other outdoor sites	49
7.3.9	Measurement uncertainty for OATS and SAC	49
7.4	Fully-anechoic room measurements (30 MHz to 1 GHz)	49
7.4.1	Test set-up and site geometry	49
7.4.2	EUT position	52
7.4.3	Cable layout and termination	53
7.4.4	Measurement uncertainty for FAR	54
7.5	Radiated emission measurement method (30 MHz to 1 GHz) and radiated immunity test method (80 MHz to 1 GHz) with common test set-up in semi-anechoic chamber	54
7.5.1	Applicability	54
7.5.2	EUT perimeter definition and antenna-to-EUT separation distance	54
7.5.3	Uniform test volume	55
7.5.4	Specifications for EUT set-up in common emissions/immunity test set-up	56
7.5.5	Measurement uncertainty for common emission/immunity set-up and method	62
7.6	Fully-anechoic room and absorber-lined OATS/SAC measurements (1 GHz to 18 GHz)	62
7.6.1	Measurand	62
7.6.2	Measurement distance	63
7.6.3	Set-up and operating conditions of the equipment under test (EUT)	63
7.6.4	Measurement site	64
7.6.5	Measurement instrumentation	64
7.6.6	Measurement procedure	64
7.6.7	Measurement uncertainty for FAR	70
7.7	<i>In situ</i> measurements (9 kHz to 18 GHz)	70
7.7.1	Applicability of and preparation for <i>in situ</i> measurements	70
7.7.2	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range 9 kHz to 30 MHz	71
7.7.3	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range above 30 MHz	72
7.7.4	<i>In situ</i> measurement of the disturbance effective radiated power using the substitution method	73

7.7.5	Documentation of the measurement results	76
7.7.6	Measurement uncertainty for <i>in situ</i> method.....	77
7.8	Substitution measurements (30 MHz to 18 GHz)	77
7.8.1	General	77
7.8.2	Test site	77
7.8.3	Test antennas.....	78
7.8.4	EUT configuration.....	78
7.8.5	Test procedure	78
7.8.6	Measurement uncertainty for substitution method	79
7.9	Reverberation chamber measurements (80 MHz to 18 GHz)	79
7.10	TEM waveguide measurements (30 MHz to 18 GHz).....	79
7.11	Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (9 kHz to 30 MHz).....	79
7.11.1	Measurand	79
7.11.2	Test site requirements	80
7.11.3	General measurement method.....	80
7.11.4	Measurement distance and EUT dimensions.....	82
7.11.5	Antenna height	82
7.11.6	Product standard specification details.....	83
7.11.7	Measurement uncertainty for OATS and SAC.....	83
7.11.8	Field strength measurements at other sites	83
8	Automated measurement of emissions	84
8.1	Introduction – Precautions for automated measurements	84
8.2	Generic measurement procedure	84
8.3	Pre-scan measurements	85
8.3.1	General	85
8.3.2	Determination of the required measurement time	85
8.3.3	Pre-scan requirements for different types of measurements.....	85
8.4	Data reduction	86
8.5	Emission maximization and final measurement	87
8.6	Post-processing and reporting	88
8.7	Emission measurement strategies with FFT-based measuring instruments	88
Annex A (informative)	Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions	89
A.1	General.....	89
A.2	Terms and definitions.....	89
A.3	Problem description	89
A.4	Proposed solution	89
A.4.1	Overview	89
A.4.2	Pre-testing the EUT in a shielded room	92
A.4.3	Method of measurement of EUT disturbances in the presence of narrowband ambient emissions.....	93
A.4.4	Method of measurement of EUT disturbance in the presence of broadband ambient emissions	96
A.5	Determination of the EUT disturbance in case of superposition.....	98
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	103
B.1	General.....	103
B.2	Overload.....	103
B.3	Linearity test.....	103

B.4	Selectivity	103
B.5	Normal response to pulses	103
B.6	Peak detection	103
B.7	Frequency scan rate	104
B.8	Signal interception	104
B.9	Average detection	104
B.10	Sensitivity	104
B.11	Amplitude accuracy	105
Annex C (informative) Scan rates and measurement times for use with the average detector		106
C.1	Purpose	106
C.2	Suppression of disturbances	106
C.2.1	Suppression of impulsive disturbance	106
C.2.2	Suppression of impulsive disturbance by digital averaging	107
C.2.3	Suppression of amplitude modulation	107
C.3	Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances	107
C.4	Recommended procedure for automated or semi-automated measurements	109
Annex D (informative) Explanation of the APD measurement method applying to the compliance test		110
Annex E (normative) Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests		112
Annex F (informative) Background for EUT-volume specifications depending on measurement distance and frequency range		113
F.1	General	113
F.2	Criterion 1 – Limitation of field-strength underestimations due to a large ratio of EUT volume diameter-to-measurement distance for short-distance measurements	113
F.2.1	General	113
F.2.2	9 kHz to 30 MHz	113
F.2.3	30 MHz to 1 000 MHz	114
F.2.4	1 GHz to 18 GHz	114
F.3	Criterion 2 – Limitation due to near-field effects	115
F.3.1	General	115
F.3.2	9 kHz to 30 MHz	115
F.3.3	30 MHz to 1 000 MHz	115
F.3.4	1 GHz to 18 GHz	117
F.4	Criterion 3 – Limitation due to receive antenna beamwidth	118
F.4.1	General	118
F.4.2	9 kHz to 30 MHz	118
F.4.3	30 MHz to 1 000 MHz	118
F.4.4	1 GHz to 18 GHz	120
F.5	Criterion 4 – Limitation due to the results of test site validation	123
F.5.1	General	123
F.5.2	9 kHz to 30 MHz	123
F.5.3	30 MHz to 1 000 MHz	123
F.5.4	1 GHz to 6 GHz or to 18 GHz	123
Bibliography		124

Figure 1 – Measurement of a combination of a CW signal (NB) and an impulsive signal (BB) using multiple sweeps with maximum hold	30
Figure 2 – Example of a timing analysis	31
Figure 3 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver	32
Figure 4 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum.....	33
Figure 5 – FFT scan in segments	35
Figure 6 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	36
Figure 7 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system	41
Figure 8 – Measurement distance	43
Figure 9 – Separation distance relative to the phase centre of an LPDA antenna	45
Figure 10 – Concept of electric field strength measurements made on an open-area test site (OATS) or semi-anechoic chamber (SAC) showing the direct and reflected rays arriving at the receiving antenna	46
Figure 11 – Position of CMAD for table-top equipment on OATS or in SAC	49
Figure 12 – Typical FAR site geometry, where a , b , c , e depend upon the room performance	50
Figure 13 – Typical test set-up for table-top equipment within the test volume of a FAR	51
Figure 14 – Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR	52
Figure 15 – Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)	55
Figure 16 – Test set-up for table-top equipment	59
Figure 17 – Test set-up for table-top equipment – Top view	60
Figure 18 – Test set-up for floor-standing equipment	61
Figure 19 – Test set-up for floor-standing equipment – Top view	62
Figure 20 – Measurement method above 1 GHz, receive antenna in vertical polarization	65
Figure 22 – Determination of the transition distance	76
Figure 23 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration	78
Figure 25 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for table-top EUT	81
Figure 26 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for floor-standing EUT	81
Figure 27 – Feed point location	82
Figure 24 – Process to give reduction of measurement time	84
Figure A.1 – Flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection	91
Figure A.2 – Relative difference in adjacent emission amplitudes during preliminary testing	93
Figure A.3 – Disturbance by an unmodulated signal (dotted line)	94
Figure A.4 – Disturbance by an amplitude-modulated signal (dotted line)	94
Figure A.5 – Indication of an amplitude-modulated signal as a function of modulation frequency with the QP detector in CISPR bands B, C and D	95
Figure A.6 – Indication of a pulse-modulated signal (pulse width 50 μ s) as a function of pulse repetition frequency with peak, QP and average detectors	96
Figure A.7 – Disturbance by a broadband signal (dotted line)	96

Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line).....	97
Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line).....	98
Figure A.10 – Increase of peak value with superposition of two unmodulated signals.....	99
Figure A.11 – Determination of the amplitude of the disturbance signal by means of the amplitude ratio d and the factor i (see Equation (A.3) and Equation (A.6))	100
Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8).....	101
Figure C.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 160 ms	108
Figure C.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 100 ms.....	108
Figure C.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms.....	109
Figure C.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms	109
Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances	110
Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances	111
Figure F.1 – Comparison of field strength given by Equation (C.17) of CISPR 16-1-6:2014 versus near-field region given by Equation (C.31) of CISPR 16-1-6:2014	117
Figure F.2 – Deviation of near-field AFs from free space AFs of a biconical antenna (from Figure C.5.b) of CISPR 16-1-6:2014)	117
Figure F.3 – Radius r of the test volume for a given distance d and antenna beamwidth of 60°	119
Figure F.4 – Effect of antenna directivity.....	120
Figure F.5 – HPBW (E-plane/H-plane) of a V-type LPDA antenna	120
Figure F.6 – Measuring receiver with external preamplifier	121
Figure F.7 – Noise level E_{Nlinav} (example for $10\lg F_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the linear average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 6 GHz	122
Figure F.8 – Noise level E_{Nlogav} (example for $10\lg F_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the logarithmic average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 18 GHz	123
Table 1 – Minimum measurement times for the four CISPR bands	27
Table 2 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors	27
Table 8 – Applicable frequency ranges and document references for CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods	37
Table 9 – Maximum EUT dimensions for different LLAS diameters, 9 kHz to 30 MHz	38
Table 10 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and outdoor site, 9 kHz to 30 MHz.....	38
Table 11 – Maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and FAR, 30 MHz to 1 000 MHz.....	39
Table 12 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m) – for reduced near-field uncertainty; absorber-lined OATS/SAC and FAR, 1 GHz to 18 GHz	39
Table 5 – Example values of w for three antenna types.....	66

Table 6 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency.....	75
Table 7 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception (for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz	86
Table A.1 – Combinations of EUT disturbance and ambient emissions.....	90
Table A.2 – Measurement error depending on the detector type and on the combination of ambient and disturbing signal spectra	102
Table C.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth.....	107
Table C.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and minimum scan times	108
Table E.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals	112
Table F.1 – Maximum EUT volume diameters ($D_{\max}$) and heights ($h_{\max}$) per Formula (F.1) for various measurement distances (d)	116

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

**Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity –
Radiated disturbance measurements**

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

CISPR 16-2-3 edition 4.2 contains the fourth edition (2016-09) [documents CISPR/A/1176A/FDIS and CISPR/A/1182/RVD], its amendment 1 (2019-06) [documents CISPR/A/1278/FDIS and CISPR/A/1283/RVD] and its amendment 2 (2023-06) [documents CIS/A/1391/FDIS and CIS/A/1397/RVD].

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

International Standard CISPR 16-2-3 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

This fourth edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical change with respect to the previous edition: addition of content on correction of the electric field strength to account for phase centre of log-periodic dipole array antennas.

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

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

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

The committee has decided that the contents of this document and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

INTRODUCTION to Amendment 1

Amendment of CISPR 16-2-3 regarding EUT volume specifications for radiated disturbance measurements depending on test method and on measurement distance

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the methods of measurement of radiated disturbance phenomena in the frequency range of 9 kHz to 18 GHz. The aspects of measurement uncertainty are specified in CISPR 16-4-1 and CISPR 16-4-2.

NOTE In accordance with IEC Guide 107 [13]¹, CISPR 16-2-3 is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its subcommittees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

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 14-1:2016, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

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

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CISPR 16-1-4:2019, *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 16-1-4:2019/AMD1:2020

CISPR 16-1-4:2019/AMD2:2023

CISPR 16-2-1:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*

CISPR TR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

CISPR 16-4-2:2011², *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*

CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014

CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018

CISPR TR 16-4-5, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-5: Uncertainties, statistics and limit modelling – Conditions for the use of alternative test methods*

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

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

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

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161, as well as the following apply.

3.1.1

absorber-lined OATS/SAC

OATS or SAC with ground plane partially covered by RF-energy absorbing material

Note 1 to entry: CISPR 16-1-4 uses the analogous term free-space open-area test site (FSOATS).

3.1.2

ancillary equipment

transducers (e.g. current and voltage probes and artificial networks) connected to a measuring receiver or (test) signal generator and used in the disturbance signal transfer between the EUT and the measuring or test equipment

3.1.3

antenna beam

main lobe of the antenna pattern (gain pattern) of the receive antenna (usually the direction with maximum sensitivity or lowest antenna factor) that is directed towards the EUT

3.1.4

antenna beamwidth

angle between the half-power (3 dB) points of the main lobe of the antenna beam, when referenced to the maximum power of the main lobe

Note 1 to entry: It may be expressed for the *H* plane or for the *E* plane of the antenna.

Note 2 to entry: Antenna beamwidth is expressed in degrees.

² A consolidated version of this publication exists, comprising CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 and CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018.

3.1.5
associated equipment
AE

apparatus, that is not part of the system under test, but needed to help exercise the EUT

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.6
auxiliary equipment
AuxEq

peripheral equipment that is part of the system under test

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.7
basic standard

standard that has a wide-ranging coverage or contains general provisions for one particular field

Note 1 to entry: A basic standard may function as a standard for direct application or as a basis for other standards.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:1991, definition 5.1 [6]]

3.1.8
coaxial cable

cable containing one or more coaxial lines, typically used for a matched connection of ancillary equipment to the measuring equipment or (test-) signal generator providing a specified characteristic impedance and a specified maximum allowable cable transfer impedance

3.1.9
common-mode absorption device
CMAD

device that may be applied on cables leaving the test volume in radiated emission measurements to reduce the compliance uncertainty

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: CISPR 16-1-4:2019, 3.1.7]

3.1.10
conformity assessment

demonstration that specified requirements relating to a product, process, system, person or body are fulfilled

Note 1 to entry: The subject field of conformity assessment includes activities defined elsewhere in ISO/IEC 17000:2004 [7], such as testing, inspection and certification, as well as the accreditation of conformity assessment bodies.

[SOURCE: ISO/IEC 17000:2004, 2.1, modified – Note 2 has been deleted.]

3.1.11
continuous disturbance

RF disturbance with duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver that causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode, and that does not decrease immediately

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-11, modified – The definition has been changed.]

3.1.12

emission

<electromagnetic> phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.13

emission limit

<from a disturbing source> specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.14

equipment under test

EUT

equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission) compliance (conformity assessment) tests

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.15

fully-anechoic room

FAR

enclosure, whose six internal surfaces are lined with radio-frequency absorbing material (i.e. RF absorber) that attenuates electromagnetic energy in the frequency range of interest

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.16

large loop-antenna system

LLAS

antenna system consisting of three orthogonally-oriented loop antennas that are used to measure the three orthogonal magnetic dipole moments of an EUT located in the centre of the three loops

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.17

measurement, scan and sweep times

3.1.17.1

measurement time

T_m

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope,
- for the average detector, the effective time to average the signal envelope,
- for the rms detector, the effective time to determine the rms of the signal envelope

Note 1 to entry: In some areas "measurement time" is also called dwell time.

3.1.17.2

scan

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

3.1.17.3

span

Δf

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

3.1.17.4

sweep

continuous frequency variation over a given frequency span

3.1.17.5

sweep or scan rate

frequency span divided by the sweep or scan time

3.1.17.6

sweep or scan time

T_s

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

3.1.17.7

observation time

T_o

sum of measurement times T_m on a certain frequency in case of multiple sweeps

Note 1 to entry: If n is the number of sweeps or scans, then $T_o = n \times T_m$.

3.1.17.8

total observation time

T_{tot}

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps)

Note 1 to entry: If c is the number of channels within a scan or sweep, then $T_{tot} = c \times n \times T_m$.

3.1.18

measuring receiver

instrument such as a tunable voltmeter, an EMI receiver, a spectrum analyzer or an FFT-based measuring instrument, with or without preselection, that complies with CISPR 16-1-1

3.1.19

number of sweeps per time unit

n_s

reciprocal of the sum of sweep time and retrace time, i.e. $1/(\text{sweep time} + \text{retrace time})$

Note 1 to entry: Sweeps per second, for example.

3.1.20

open-area test site

OATS

facility for measurements and calibrations in which the ground reflection is made reproducible by a large flat electrically conducting ground plane

Note 1 to entry: An OATS can be used for radiated disturbance measurements, where it is also designated as a COMTS. An OATS can also be used for antenna calibrations, where it is designated as a CALTS.

Note 2 to entry: An OATS is an uncovered outdoor site, and is far enough away from buildings, electric lines, fences, trees, underground cables, pipelines, and other potentially reflective objects, so that the effects due to such objects are negligible. See CISPR 16-1-4 for guidance on the construction of an OATS.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.21

product standard

standard that specifies requirements to be fulfilled by a product or group of products, to establish its fitness for purpose

Note 1 to entry: A product standard may include, in addition to the fitness for purpose requirements, directly or by reference, aspects such as terminology, sampling, testing, packaging and labelling and, sometimes, processing requirements.

Note 2 to entry: A product standard can either be complete or not, according to whether it specifies all or only a part of the necessary requirements. In this respect, one may differentiate between standards such as dimensional, material and technical delivery standards.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:2004, definition 5.4 [6]]

3.1.22

semi-anechoic chamber

SAC

shielded enclosure in which five of the six internal surfaces are lined with radio-frequency absorbing material (i.e. RF absorber) that attenuates electromagnetic energy in the frequency range of interest, and the bottom horizontal surface is a conducting ground plane for use with OATS test set-ups

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.23

test configuration

combination that gives the specified measurement arrangement of the EUT in which an emission level is measured

3.1.24

weighting

pulse-repetition-frequency (PRF) dependent conversion (mostly reduction) of a peak-detected impulse voltage level to an indication that corresponds to the interference effect on radio reception

Note 1 to entry: For the analogue receiver, the psychophysical annoyance of the interference is a subjective quantity (audible or visual) usually not a certain number of misunderstandings of a spoken text.

Note 2 to entry: For the digital receiver, the interference effect is an objective quantity that may be defined by the critical bit error ratio (BER) or bit error probability (BEP) for that perfect error correction can still occur or by another, objective and reproducible parameter.

Note 3 to entry: Weighting of impulsive disturbance, for example.

3.1.24.1

weighted disturbance measurement

measurement of disturbance using a weighting detector

3.1.24.2

weighting characteristic

peak voltage level as a function of PRF for a constant effect on a specific radiocommunication system, i.e. the disturbance is weighted by the radiocommunication system itself

3.1.24.3

weighting detector

detector that provides an agreed weighting function

3.1.24.4

weighting factor

value of the weighting function relative to a reference PRF or relative to the peak value

Note 1 to entry: Weighting factor is expressed in dB.

3.1.24.5

weighting function or weighting curve

relationship between input peak voltage level and PRF for constant level indication of a measuring receiver with a weighting detector, i.e. the curve of response of a measuring receiver to repeated pulses

3.1.25

measurement

process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity

[SOURCE: 2.1 of ISO/IEC Guide 99:2007 [9]³, modified – Notes 1 to 3 have been deleted.]

3.1.26

test

technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure

Note 1 to entry: A test is carried out to measure or classify a characteristic or a property of an item by applying to the item a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13 [10]]

3.1.27

highest internal frequency

highest frequency generated or used within the EUT or the highest frequency at which the EUT operates or tunes

3.1.28

module

part of an EUT that provides a function and may contain radio-frequency sources

3.1.29

compliance test site

COMTS

environment that assures valid, reproducible measurement results of the disturbance field strength from equipment under test for comparison to a compliance limit

3.1.30

far-field region

region of the electromagnetic field of a radiating EUT or antenna where the predominant components of the field represent a propagation of energy and where the radiation pattern is essentially independent of the distance from the radiating EUT or antenna

Note 1 to entry: In the far-field region, all the components of the electromagnetic field change with an inverse proportion to the distance from the radiating EUT or antenna.

[SOURCE: IEC 60050-712:1992 [14], 712-02-02, modified – Replacement of "far field region" by "far-field region" in the term itself, replacement of "antenna" by "radiating EUT or antenna", replacement of "angular field distribution" by "radiation pattern" and deletion of Note 2 to entry.]

3.1.31

near-field effect

deviation of the field propagation from far-field propagation

³ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

Note 1 to entry: The near-field effect occurs in the zone close to the EUT where reactive (non-radiating) field-strength components exist. Although not contributing to far-field radiation, they are real measurable field strengths.

Note 2 to entry: A criterion can be set to limit the deviation from far-field propagation, e.g. 1 dB. If E_1 and E_2 are field-strength levels in dB(μ V/m) at distances d_1 and d_2 from an EUT, then e.g. the following inequality describes the criterion: $(20\lg(d_2/d_1) - 1 \text{ dB}) \leq (E_1 - E_2) \leq (20\lg(d_2/d_1) + 1 \text{ dB})$, which can be reduced to $-1 \text{ dB} \leq [(E_1 - E_2) - 20\lg(d_2/d_1)] \leq 1 \text{ dB}$, where $(E_1 - E_2) \geq 6 \text{ dB}$.

3.1.32

test volume

validated volume within a test facility in which an EUT may be positioned

Note 1 to entry: Validation procedures in CISPR 16-1-4 are used to determine the test volume.

Note 2 to entry: The test volume as defined in this document is cylindrical in shape. Different test volume shapes have been defined in other documents, e.g. in a cubic form in IEC 61000-4-20 (TEM waveguides).

3.1.33

EUT volume

cylinder defined by EUT boundary diameter and height that fully encompasses all portions of the actual EUT, including cable racks and 1,6 m of cable length (for 30 MHz to 1 GHz), or 0,3 m of cable length (for 1 GHz and above)

Note 1 to entry: The test volume is one of several criteria limiting the EUT volume.

Note 2 to entry: The EUT volume has a diameter D (boundary diameter) and a height h .

3.1.34

protection distance

distance between the source of a radiated disturbance and the victim receiver at the edge-of-service area used for the derivation of a specific CISPR radiated disturbance limit

Note 1 to entry: The edge-of-service area is defined by the minimum value of the wanted field strength of a radio service or application derived from ITU-R specifications.

Note 2 to entry: This definition can vary in other publications, when conducted disturbances are concerned.

Note 3 to entry: Every limit has an associated protection distance; the protection distance can vary with frequency.

3.1.35

small EUT

equipment under test, including its cables, either positioned on a tabletop or standing on the floor, that fits in a cylindrical volume of 1,5 m (2,0 m) in diameter and 1,5 m (2,0 m) in height measured from the floor with a measurement distance of 3 m (5 m) at an OATS/SAC

3.1.36

feed point of a shielded loop antenna

location of the slit in the shielding of a loop antenna

Note 1 to entry: The feed point of a shielded loop antenna is important for a correct set-up. The location of the feed point has an influence on the site insertion loss between two magnetic field antennas [24], [25].

3.2 Abbreviated terms

The following abbreviations, not already provided in 3.1 are used in this standard.

AF	Antenna factor
AM	Amplitude modulation
APD	Amplitude probability distribution
AV	Average
BB	Broadband

CW	Continuous wave
FFT	Fast-Fourier transform
FM	Frequency modulation
FSOATS	free-space OATS
GP	ground plane
HPBW	Half-power beamwidth
IF	Intermediate frequency
ISM	Industrial, scientific or medical
LPDA	Log-periodic dipole array
NB	Narrowband
NSA	Normalized site attenuation
PRF	Pulse repetition frequency
RBW	Resolution bandwidth
RE	radiated emission
RF	Radio frequency
RI	radiated immunity
QP	Quasi-peak
TEM	Transverse electromagnetic
UFA	Uniform field area
VBW	Video bandwidth

4 Types of disturbance to be measured

4.1 General

This clause describes the classification of different types of disturbance and the detectors appropriate for their measurement.

4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical⁴ reasons, dependent on the spectral distribution, measuring receiver bandwidth, the duration, rate of occurrence, and degree of annoyance during the assessment and measurement of radio disturbance, distinction is made between the following types of disturbance:

- narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth in contrast to b);
- broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which have a repetition frequency that is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and
- broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

⁴ Psychophysical means psychological relationship between physical stimuli and sensory response.

The frequency spectra of items b) and c) are characterized by having a continuous spectrum in the case of individual (single) impulses and a discontinuous spectrum in case of repeated impulses, both spectra being characterized by having a frequency range that is wider than the bandwidth of the measuring receiver specified in CISPR 16-1-1.

4.3 Detector functions

Depending on the types of disturbance, measurements may be carried out using a measuring receiver with:

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also usable for narrowband disturbance;
- c) an rms-average detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of the effect of impulsive disturbance to digital radio communication services but also useable for narrowband disturbance;
- d) a peak detector that may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

Measuring receivers incorporating these detectors are specified in CISPR 16-1-1.

5 Connection of measuring equipment

Concerning the connection of measuring equipment, measuring receivers and ancillary equipment such as antennas: the connecting cable between the measuring receiver and the ancillary equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver. The output of the ancillary equipment shall be terminated with the prescribed impedance.

6 General measurement requirements and conditions

6.1 General

Radio disturbance measurements shall be:

- reproducible, i.e. independent of the measurement location and environmental conditions, especially ambient noise; and
- free from interactions, i.e. the connection of the EUT to the measuring equipment shall influence neither the function of the EUT nor the accuracy of the measurement equipment.

These requirements may be met by observing the following conditions:

- a) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- b) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT.

6.2 Disturbance not produced by the equipment under test

6.2.1 General

The measurement signal-to-noise ratio with respect to ambient noise shall meet the following requirements. Should the ambient noise level exceed the required level, it shall be recorded in the test report.

6.2.2 Compliance (conformity assessment) testing

A compliance test site (COMTS) shall permit emissions from the EUT to be distinguished from ambient noise. The ambient noise level should preferably be 20 dB, but at least be 6 dB below the desired measurement level. For the 6 dB condition, the apparent disturbance level from the EUT is increased by up to 3,5 dB. The suitability of the site for the required ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the test unit in place but not operating.

When evaluating compliance with a limit, the ambient noise level is permitted to exceed the preferred –6 dB level provided that the level of both ambient noise and source emanation combined does not exceed the specified limit. The EUT is then considered to meet the limit. Further guidance on measurement of disturbances in the presence of ambient emissions is provided in Annex A.

6.3 Measurement of continuous disturbance

6.3.1 Narrowband continuous disturbance

The receiver shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation, and re-tuned if the frequency fluctuates.

6.3.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance whose level is not steady, the maximum reproducible measurement value shall be found. See 6.5.1 for further details.

6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

Spectrum analyzers and scanning receivers are useful for disturbance measurements, particularly in order to reduce measuring time. However, special consideration shall be given to certain characteristics of these instruments, which include overload, linearity, selectivity, normal response to pulses, frequency scan rate, signal interception, sensitivity, amplitude accuracy and peak, average and quasi-peak detection. These characteristics are considered in Annex B.

6.4 EUT arrangement and measurement conditions

The EUT shall be operated under the following conditions.

6.4.1 General arrangement of the EUT

6.4.1.1 General

Where not specified in the product standard, the EUT shall be configured as described below.

The EUT shall be installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. Where the manufacturer has specified or recommended an installation practice, that practice shall be used in the test arrangement, where possible. This arrangement shall be typical of normal installation practice. Interface cables, loads, and devices shall be connected to at least one of each type of interface port of the EUT and, where practical, each cable shall be terminated in a device typical of actual usage.

Where there are multiple interface ports of the same type, additional interconnecting cables, loads and devices may have to be added to the EUT depending upon the results of preliminary tests. Connecting a cable or wire to just one of that type of port may be sufficient. The actual number of additional cables or wires may be limited to the condition where the addition of another cable or wire does not significantly affect the emission level, i.e. varies less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report.

Interconnecting cables should be of the type and length specified in the individual equipment requirements. If the length can be varied, the length shall be selected to produce maximum disturbance.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a note shall be included in the instruction manual advising of the need to use such cables.

Excess lengths of cables shall be bundled at the approximate centre of the cable with the bundles 30 cm to 40 cm in length. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, the disposition of the excess cable shall be precisely noted in the test report.

The results of an evaluation of EUTs having one of each type of module can be applied to configurations having more than one of each of those modules. This is permissible because it has been found that disturbances from identical modules are generally not additive in practice. However, the 2 dB criteria defined in this clause shall be applied.

Any set of results shall be accompanied by a complete description of the cable and equipment orientation so that results can be reproduced. If specific conditions of use are required to meet the limits, those conditions shall be specified and documented; for example cable length, cable type, shielding and grounding. These conditions shall be included in the instructions to the user.

Equipment that is populated with multiple modules (drawer, plug-in card, board, etc.) shall be tested with a mix and number representative of that used in a typical installation. The number of additional boards or plug-in cards of the same type may be limited to the condition where the addition of another board or plug-in card does not significantly affect the emission level, i.e. varies less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale used for selecting the number and type of modules shall be stated in the test report.

A system that consists of a number of separate units shall be configured to form a minimum representative configuration. The number and mix of units included in the test configuration shall be representative of that used in a typical installation. The rationale used for selecting units shall be stated in the test report.

At least one module of each type shall be operative in each equipment evaluated in an EUT. For a system EUT, at least one of each type of equipment that can be included in the possible system configuration shall be included in the EUT.

The EUT position relative to the GP shall be equivalent to that occurring in use. Therefore, floor-standing equipment is placed on, but insulated from, a GP, and tabletop equipment is placed on a non-conductive table.

Equipment designed for wall-mounted or ceiling mounted operation shall be tested as tabletop EUT. The orientation of the equipment shall be consistent with normal installation practice.

Combinations of the equipment types identified above shall also be arranged in a manner consistent with normal installation practice. Equipment designed for both tabletop and floor standing operation shall be tested as tabletop equipment unless the usual installation is floor standing, then that arrangement shall be used.

The ends of signal cables attached to the EUT that are not connected to another unit or auxiliary equipment shall be terminated using the correct terminating impedance defined in the product standard.

Cables or other connections to associated equipment located outside the test area shall drape to the floor, and then be routed to the place where they leave the test volume.

Auxiliary equipment shall be installed in accordance with normal installation practice. Where this means that the auxiliary equipment is located on the test site, it shall be arranged using the same conditions applicable for the EUT (e.g distance from ground plane and insulation from the ground plane if floor standing, and layout of cabling).

6.4.1.2 Tabletop arrangement

Equipment intended for tabletop use shall be placed on a non-conductive table. The size of the table will nominally be 1,5 m by 1,0 m, but may ultimately be dependent on the horizontal dimensions of the EUT.

All units forming the system under test (including the EUT, connected peripherals and auxiliary equipment or devices) shall be arranged according to normal use. Where not defined in the normal use, a nominal 0,1 m separation distance between the neighbouring units shall be defined for the test arrangement.

Intra-unit cables shall be draped over the back of the table. If a cable hangs closer than 0,4 m to the horizontal ground plane (or floor), the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m, such that the bundle is at least 0,4 m above the horizontal GP.

Cables shall be positioned as for normal usage.

If the mains port input cable is less than 0,8 m long, (including power supplies integrated in the mains plug) an extension cable shall be used such that the external power supply unit is placed on the tabletop. The extension cable shall have characteristics similar to the mains cable (including the number of conductors and the presence of a ground connection). The extension cable shall be treated as part of the mains cable.

In the above arrangements, the cable between the EUT and the power accessory shall be arranged on the tabletop in the same manner as other cables connecting components of the EUT.

6.4.1.3 Floor-standing arrangement

The EUT shall be placed on the horizontal GP, orientated for normal use, but separated from metallic contact with the GP by up to 15 cm of insulation.

The cables shall be insulated (by up to 15 cm) from the horizontal GP. If the equipment requires a dedicated ground connection, then this shall be provided and bonded to the horizontal ground plane.

Intra-unit cables (between units forming the EUT or between the EUT and auxiliary equipment) shall drape to, but remain insulated from, the horizontal GP. Any excess shall either be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m or arranged in a serpentine fashion. If an intra-unit cable length is not long enough to drape to the horizontal GP but drapes closer than 0,4 m, then the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal GP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal GP.

For equipment with a vertical cable riser, the number of risers shall be typical of installation practice. Where the riser is made of non-conductive material, a minimum spacing of at least 0,2 m shall be maintained between the closest part of the equipment and the nearest vertical cable. Where the riser structure is conductive, the minimum spacing of 0,2 m shall be between the closest parts of the equipment and riser structure.

6.4.1.4 Combinations of tabletop and floor-standing equipment arrangement

Intra-unit cables between a tabletop unit and a floor standing unit shall have the excess folded into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal GP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal GP.

6.4.2 Operation of the EUT

The operating conditions of the EUT shall be determined by the manufacturer according to the typical use of the EUT with respect to the expected highest level of emission. The determined operational mode and the rationale for the selected operating conditions shall be stated in the test report.

The EUT shall be operated within the rated (nominal) operating voltage range and typical load conditions (mechanical or electrical) for which it is designed. Actual loads should be used whenever possible. If a simulator is used, it shall represent the actual load with respect to its radio frequency and functional characteristics.

The test programmes or other means of exercising the equipment should ensure that various parts of a system are exercised in a manner that permits detection of all system disturbances.

6.4.3 EUT time of operation

The time of operation shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking. In all other cases, the EUT shall be continuously operated throughout the test.

6.4.4 EUT running-in time

No specific running-in time, prior to testing, is given, but the EUT shall be operated for a sufficient period to ensure that the modes and conditions of operation are typical of those during the life of the equipment. For some EUTs, special test conditions may be prescribed in the relevant product standards.

6.4.5 EUT supply

The EUT shall be operated from a supply having the rated voltage of the EUT. If the level of disturbance varies considerably with the supply voltage, the measurements shall be repeated for supply voltages over the range of 0,9 to 1,1 times the rated voltage. EUTs with more than one rated voltage shall be tested at the rated voltage that causes maximum disturbance.

6.4.6 EUT mode of operation

The EUT shall be operated under practical conditions that cause the maximum disturbance at the measurement frequency.

6.4.7 Operation of multifunction equipment

Multifunction equipment which is subjected simultaneously to different clauses of a product standard, and/or different standards, shall be tested with each function operated in isolation, if this can be achieved without modifying the equipment internally. The equipment thus tested shall be deemed to have complied with the requirements of all clauses and/or standards when each function has satisfied the requirements of the relevant clause and/or standard.

For equipment where it is not practical to test with each function operated in isolation, or where the isolation of a particular function would result in the equipment being unable to fulfil its primary function, or where the simultaneous operation of several functions would result in

saving measurement time, the equipment shall be deemed to have complied if it meets the provisions of the relevant clause and/or standard with the necessary functions operated.

6.4.8 Determination of arrangement(s) causing maximum emissions

Initial testing shall identify the frequency that has the highest disturbance relative to the limit. This identification shall be performed while operating the EUT in typical modes of operation and with cable positions in a test arrangement that is representative of typical installation practice.

The frequency of highest disturbance with respect to the limit shall be found by investigating disturbances at a number of significant frequencies. This provides confidence that the probable frequency of maximum disturbance has been found and that the associated cable, EUT arrangement and mode of operation has been identified.

For initial testing, the EUT should be arranged in accordance with the product standards as appropriate.

6.4.9 Recording of measurements

Of those disturbances above ($L - 20$ dB), where L is the limit level in logarithmic units, the disturbance levels and the frequencies of at least the six highest disturbances shall be recorded.

For radiated disturbances, the antenna polarization and height for each reported disturbance shall be recorded.

6.5 Interpretation of measuring results

6.5.1 Continuous disturbance

- a) If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement. The highest readings shall be recorded, with the exception of any isolated clicks, which shall be ignored (see 4.4 of CISPR 14-1:2016).
- b) If the general level of the disturbance is not steady, but shows a continuous rise or fall of more than 2 dB in the 15 s period, then the disturbance voltage levels shall be observed for a further period and the levels shall be interpreted according to the conditions of normal use of the EUT, as follows:
 - 1) if the EUT is one that may be switched on and off frequently, or the direction of rotation of which can be reversed, then at each frequency of measurement the EUT should be switched on or reversed just before each measurement, and switched off just after each measurement. The maximum level obtained during the first minute at each frequency of measurement shall be recorded;
 - 2) if the EUT is one that in normal use runs for longer periods, then it should remain switched on for the period of the complete test, and at each frequency the level of disturbance shall be recorded only after a steady reading (subject to the provision that item a) has been obtained).
- c) If the pattern of the disturbance from the EUT changes from a steady to a random character part way through a test, then that EUT shall be tested in accordance with item b).
- d) Measurements are taken throughout the complete spectrum and are recorded at least at the frequency with maximum reading and as required by the relevant CISPR publication.

6.5.2 Discontinuous disturbance

There is currently no requirement for the measurement of radiated discontinuous disturbances.

6.5.3 Measurement of the duration of disturbance

The duration of a disturbance shall be known in order to measure it correctly and to determine if it is discontinuous. The duration of a disturbance may be measured in one of the following ways:

- through the connection of an oscilloscope to a measuring receiver's IF output to allow monitoring of the disturbance in the time-domain;
- through the tuning of either an EMI receiver or a spectrum analyzer to the disturbance frequency without frequency scanning (i.e. 'zero-span' mode) to allow monitoring of the disturbance in the time-domain; or
- through the use of the time-domain output of an FFT-based measuring receiver.

Guidance for the determination of the appropriate measurement time can be found in 8.3.

6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance

6.6.1 General

For both manual measurements and automated or semi-automated measurements, measurement times and scan rates of measuring and scanning receivers shall be set so as to measure the maximum emission. Especially, where a peak detector is used for pre-scans, the measurement times and scan rates have to take the timing of the emission under test into account. More detailed guidance about performing automated measurements can be found in Clause 8.

6.6.2 Minimum measurement times

The minimum measurement (dwell) times are given in Table 1. From Table 1, the minimum scan times for measurements over a complete CISPR band have been derived in Table 2. These minimum measurement (dwell) times for scanning receivers and FFT-based measuring instruments in Table 1 and the scan times for spectrum analyzers in Table 2 apply to CW signals.

In addition, the test report shall include the value of the measurement instrumentation uncertainty corresponding to the used test set-up, calculated as per the requirements of CISPR 16-4-2.

Table 1 – Minimum measurement times for the four CISPR bands

Frequency band		Minimum measurement time T_m
A	9 kHz to 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz to 30 MHz	0,50 ms
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz to 18 GHz	0,01 ms

Table 2 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors

Frequency band		Scan time T_s for peak detection	Scan time T_s for quasi-peak detection
A	9 kHz to 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz to 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Depending on the type of disturbance, the scan time may have to be increased – even for quasi-peak measurements. In extreme cases, the measurement time T_m at a certain frequency may have to be increased to 15 s, if the level of the observed emission is not steady (see 6.5.1). However isolated clicks are excluded.

Scan rates and measurement times for use with the average detector are given in Annex C.

Most product standards call out quasi-peak detection for compliance measurements, which can be very time-consuming if time-saving procedures are not applied (see Clause 8). Before timesaving procedures can be applied, the emission has to be detected using a pre-scan. To ensure that, e.g. intermittent signals are not missed during an automated scan, the considerations in 6.6.3 to 6.6.5 shall be accounted for.

6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers

One of two conditions needs to be met to ensure that signals are not missed during automated scans over frequency spans:

- for a single sweep: the measurement time at each frequency shall be larger than the intervals between pulses for intermittent signals;
- for multiple sweeps with maximum hold: the observation time at each frequency should be sufficient for intercepting intermittent signals.

The frequency scan rate is limited by the resolution bandwidth of the instrument and the video bandwidth setting. If the scan rate is chosen too fast for the given instrument state, erroneous measurement results will be obtained. Therefore, a sufficiently long sweep time needs to be chosen for the selected frequency span. Intermittent signals may be intercepted by either a single sweep with sufficient observation time at each frequency or by multiple sweeps with maximum hold. Usually for an overview over unknown emissions, the latter will be highly efficient: as long as the spectrum response changes, there may still be intermittent signals to discover. The observation time shall be selected according to the periodicity at which interfering signals occur. In some cases, the sweep time may have to be varied in order to avoid synchronization effects.

When determining the minimum sweep time for measurements with a spectrum analyzer or scanning EMI receiver, based on a given instrument setting and using peak detection, two different cases have to be distinguished. If the video bandwidth is selected to be **wider** than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}}^2} \quad (1)$$

where

- $T_{s \min}$ is the minimum sweep time,
- Δf is the frequency span,
- B_{res} is resolution bandwidth, and
- k is a constant of proportionality, related to the shape of the resolution filter; this constant assumes a value between 2 and 3 for synchronously-tuned, near-Gaussian filters. For nearly rectangular, stagger-tuned filters, k has a value between 10 and 15.

If the video bandwidth is selected to be equal to or smaller than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = k \times \frac{\Delta f}{B_{\text{res}} B_{\text{video}}} \quad (2)$$

where B_{video} is the video bandwidth.

Most spectrum analyzers and scanning EMI receivers automatically couple the sweep time to the selected frequency span and the bandwidth settings. Sweep time is adjusted to maintain a calibrated display. The automatic sweep time selection can be overridden if longer observation times are required, e.g. to intercept slowly varying signals.

In addition, for repetitive sweeps, the number of sweeps per second will be determined by the sweep time $T_{s \min}$ and the retrace time (time needed to retune the local oscillator and to store the measurement results, etc.).

6.6.4 Scan times for stepping receivers

Stepping EMI receivers are consecutively tuned to single frequencies using predefined step sizes. While covering the frequency range of interest in discrete frequency steps, a minimum dwell time at each frequency is required for the instrument to accurately measure the input signal.

For the actual measurement, a frequency step size of roughly 50 % of the resolution bandwidth used or less (depending on the resolution filter shape) is required to reduce measurement uncertainty for narrowband signals due to the step-width. Under these assumptions the scan time $T_{s \min}$ for a stepping receiver can be calculated using the following equation:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \frac{\Delta f}{0,5 B_{\text{res}}} \quad (3)$$

where $T_{m \min}$ is the minimum measurement (dwell) time at each frequency.

In addition to the measurement time, some time has to be taken into consideration for the synthesizer to switch to the next frequency and for the firmware to store the measurement result, which in most measuring receivers is automatically done so that the selected measurement time is the effective time for the measurement result. Furthermore, the selected detector, e.g. peak or quasi-peak, determines this time period as well.

For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case, the objective is to find the maxima of the emission spectrum only.

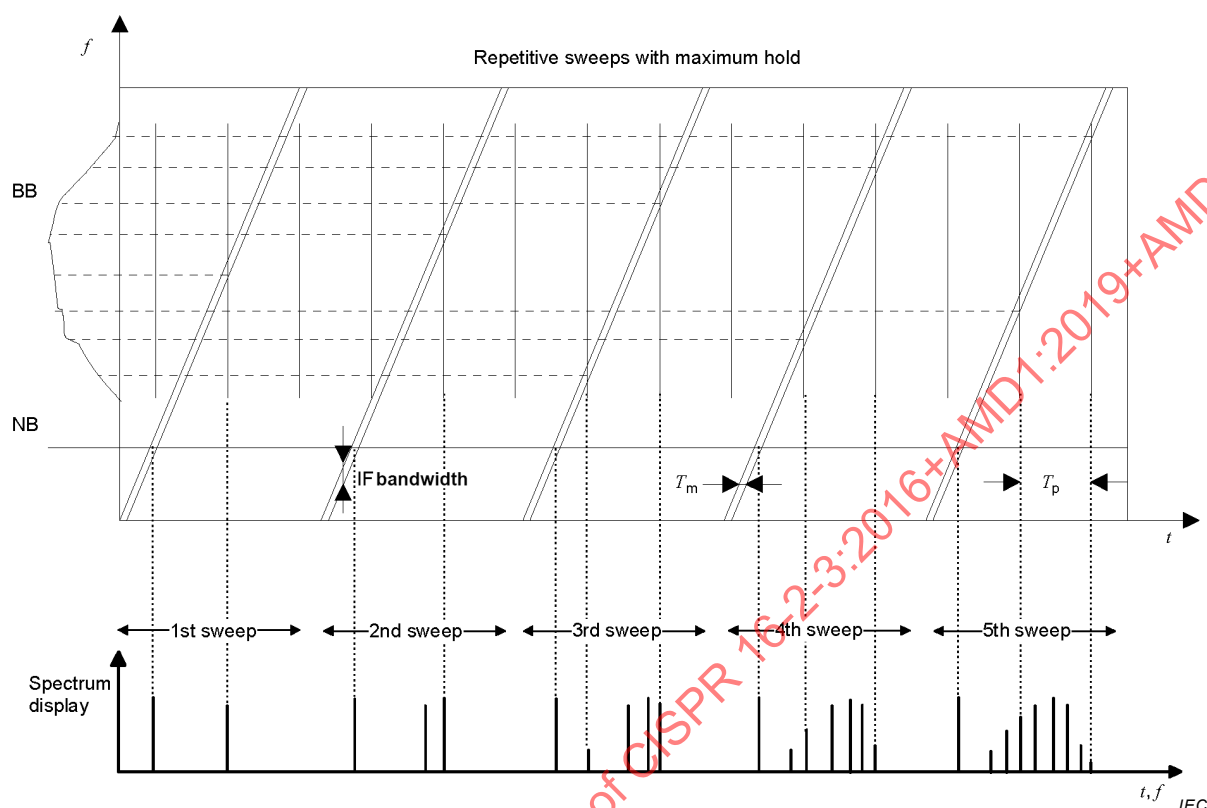
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector

For each pre-scan measurement, the probability of intercepting all critical spectral components of the EUT spectrum shall be equal to 100 % or as close to 100 % as possible. Depending on the type of measuring receiver and the characteristics of the disturbance, that may contain narrowband and broadband components, two general approaches are proposed:

- stepped scan: the measurement (dwell) time shall be long enough at each frequency to measure the signal peak, e.g. for an impulsive signal the measurement (dwell) time should be longer than the reciprocal of the repetition frequency of the signal.
- swept scan: the measurement time shall be larger than the intervals between intermittent signals (single sweep) and the number of frequency scans during the observation time should be maximized to increase the probability of signal interception.

Figure 1, Figure 2, and Figure 3 show examples of the relationship between various time-varying emission spectra and the corresponding display on a measuring receiver. In each case,

the upper part of the figure shows the position of the receiver bandwidth as it either sweeps or steps through the spectrum.



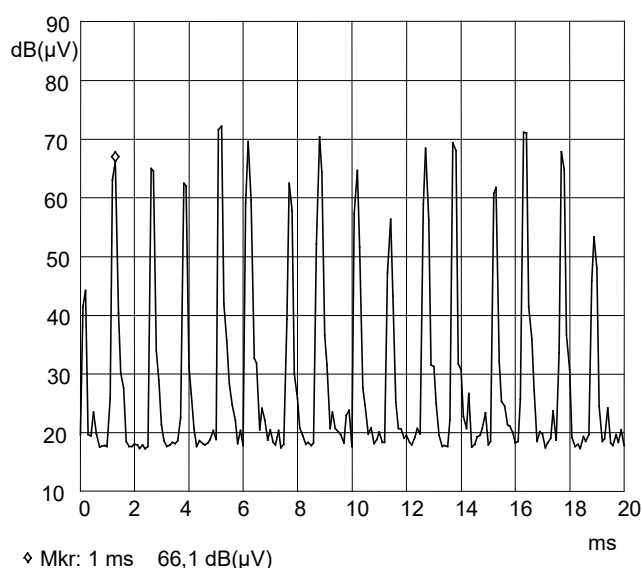
Key:

T_o is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum versus time display (upper part of the figure).

Figure 1 – Measurement of a combination of a CW signal (NB) and an impulsive signal (BB) using multiple sweeps with maximum hold

If the type of emission is unknown, multiple sweeps with the shortest possible sweep time and peak detection facilitate determining the spectrum envelope. A short single sweep is sufficient to measure the continuous narrowband signal content of the EUT spectrum. For continuous broadband and intermittent narrowband signals, multiple sweeps at various scan rates using a “maximum hold” function may be necessary to determine the spectrum envelope. For low repetition impulsive signals, many sweeps will be necessary to fill up the spectrum envelope of the broadband component.

The reduction of measurement time requires a timing analysis of the signals to be measured. This can be done either with a measuring receiver that provides a graphical signal display, used in zero-span mode or using an oscilloscope connected to the IF or video output of the receiver, and with an example shown in Figure 2.

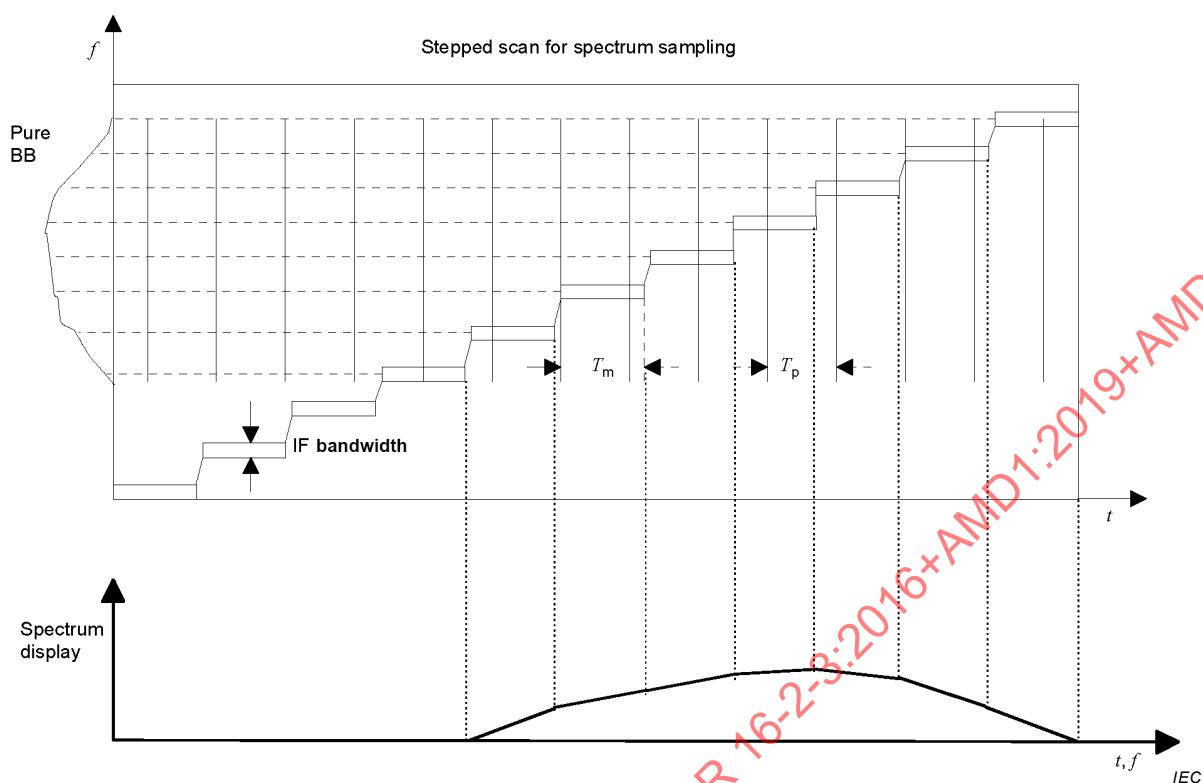


NOTE Disturbance from a d.c. collector motor; due to the number of collector segments, the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies considerably. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is >10 ms.

Figure 2 – Example of a timing analysis

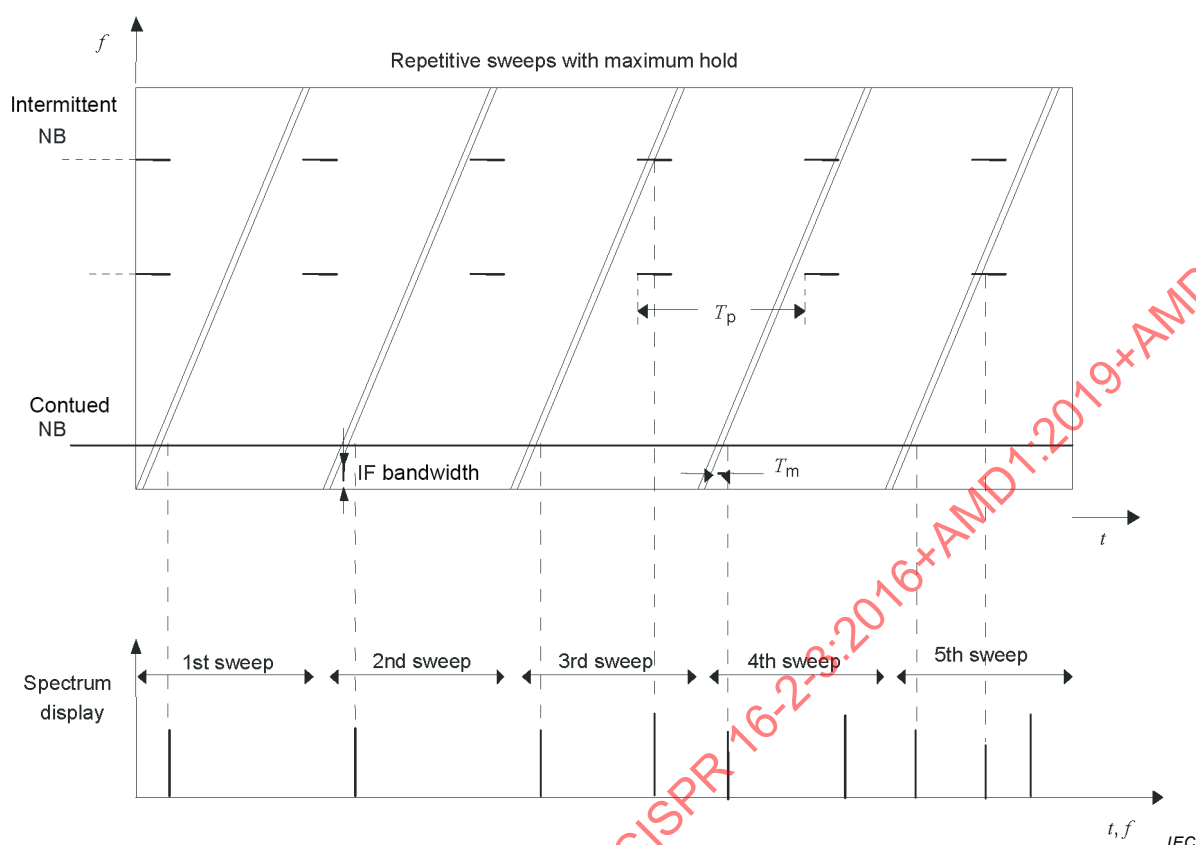
From such a timing analysis, pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected, and according to the following:

- for **continuous unmodulated narrowband** disturbances, the fastest scan time possible for the selected instrument settings may be used;
- for **pure continuous broadband** disturbances, e.g. from ignition motors, arc welding equipment, and collector motors, a stepped scan (with peak or even quasi-peak detection) for sampling of the emission spectrum may be used. In this case the knowledge of the type of disturbance is used to draw a polyline (piecewise) curve as the spectrum envelope (see Figure 3). The step size shall be chosen so that no significant variations in the spectrum envelope are missed. A single swept measurement, if performed slowly enough, will also yield the spectrum envelope;
- for **intermittent narrowband** disturbances with unknown frequencies either fast short sweeps involving a “maximum hold” function (see Figure 4) or a slow single sweep may be used. A timing analysis may be required prior to the actual measurement to ensure proper signal interception;
- **intermittent broadband** disturbances shall be measured with discontinuous disturbance analysis procedures, as described in CISPR 16-1-1.



The measurement (dwell) time T_m shall be longer than the pulse repetition interval T_p , which is the inverse of the pulse repetition frequency.

Figure 3 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver



NOTE 1 The number of sweeps required or the sweep time may have to be increased, depending on pulse duration and pulse repetition interval.

NOTE 2 In this example, five sweeps are required for all spectral components to be intercepted.

Figure 4 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments

FFT-based measuring instruments may combine the parallel calculation at N frequencies and a stepped scan. For this purpose the frequency range of interest is subdivided into a number of segments N_{seg} that are scanned sequentially. The procedure is shown in Figure 5 for three segments. The total scan time for the frequency range of interest T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

where

T_m is the measurement time for each segment, and

N_{seg} is the number of segments.

FFT-based measuring instruments may also provide methods to improve the frequency resolution across a given frequency range. In general, an FFT-based measuring instrument will have a fixed frequency step $f_{\text{step FFT}}$ that is determined by the number of frequencies of the FFT. Increased frequency resolution is achieved by performing repeat calculations over a given

frequency range. For each repeat calculation, the lowest frequency is incremented by a frequency step, $f_{\text{step final}}$.

Hence the first calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

The second calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

This procedure, applied for a step ratio of 3, is displayed in Figure 6.

The scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (5)$$

where

T_m is the measurement time, and
 $\frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}}$ is the step ratio.

For a system that combines both methods the scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (6)$$

NOTE 1 FFT-based measuring instruments may combine both methods, the stepped scan as well as a method to improve the frequency resolution.

NOTE 2 Additional background information on the definition of the FFT-based receiver can be found in CISPR TR 16-3 [3].

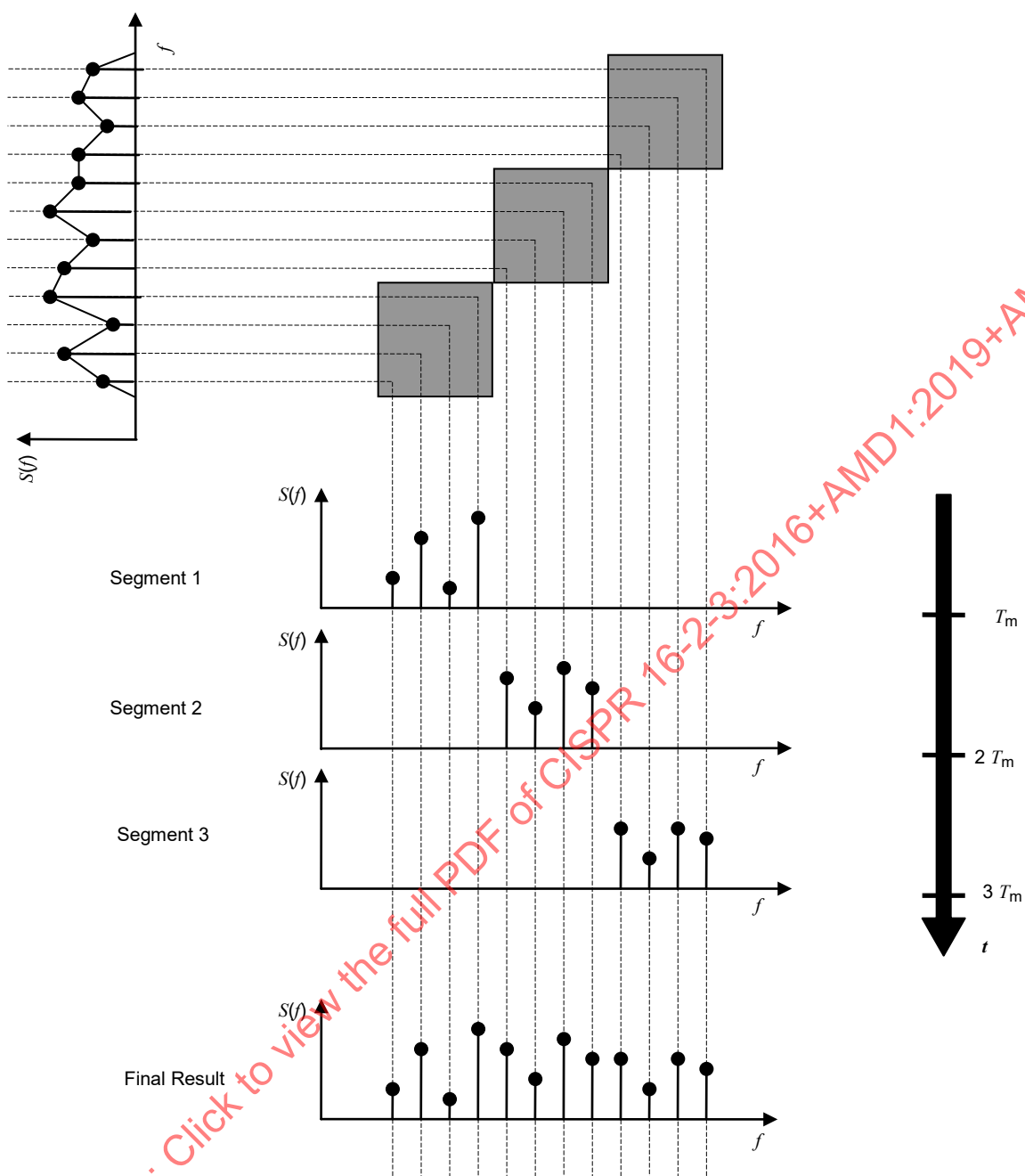
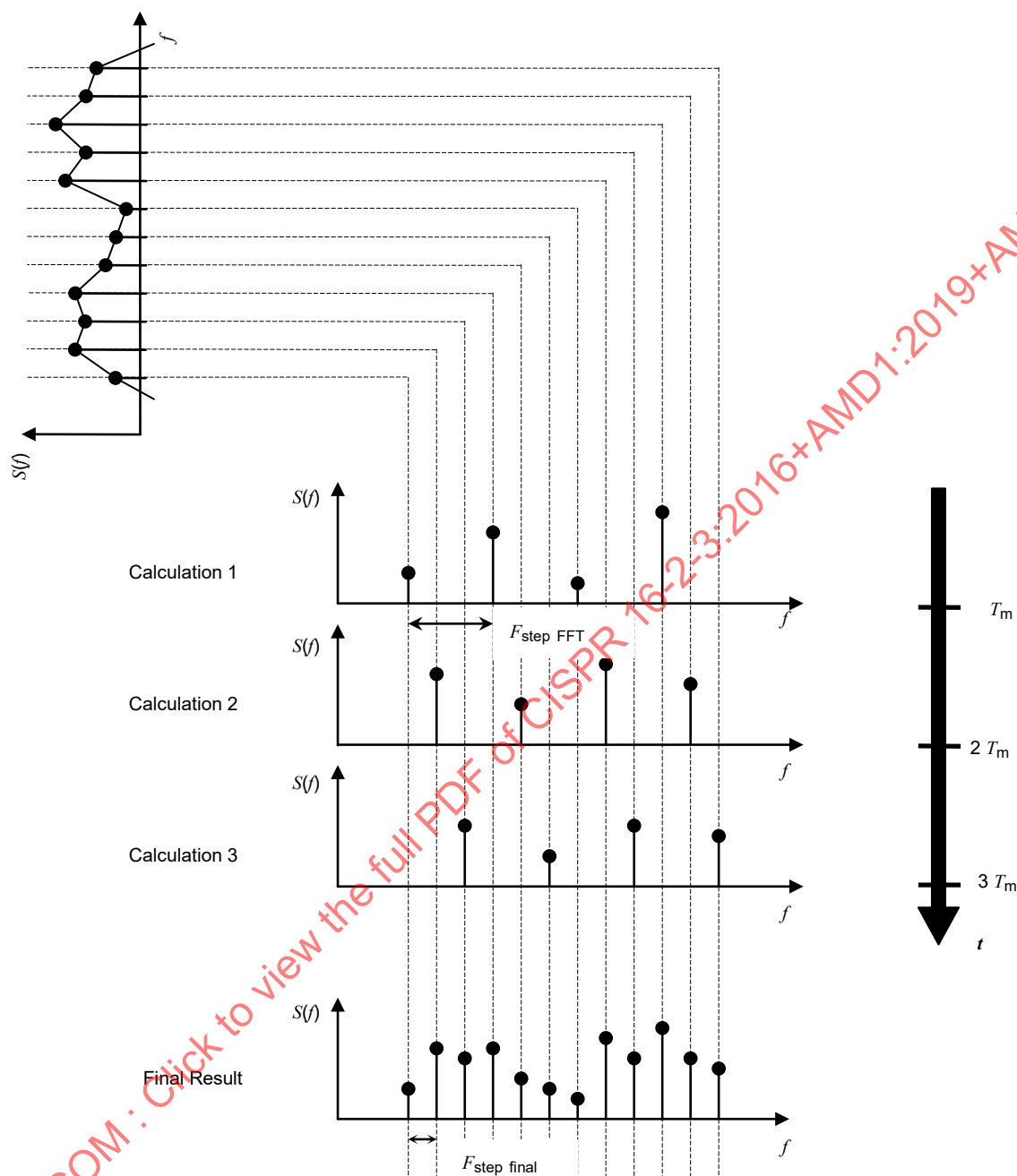


Figure 5 – FFT scan in segments



IEC

Figure 6 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument

7 Measurement of radiated disturbances

7.1 General

7.1.1 General remarks and overview of test methods

Clause 7 sets forth the general procedures for the measurement of the field strength of radio disturbance produced by devices and systems. Most experience with radiated disturbance measurements exists for OATS/SAC with 10 m distance in the frequency range 30 MHz to

1 000 MHz. In this frequency range this is therefore called the established test method to which other test methods are compared regarding the level of radio protection (see also CISPR TR 16-4-5). The effects of leads and cables associated with the EUT in terms of length, layout, and termination shall be taken into account (see Garbe and Battermann [21], Garbe [22]). Table 8 provides a summary list of CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods, and the related cross-references to subclauses within this document or to other documents. Tables 9, 10, 11 and 12 provide information on maximum EUT volumes associated with the various measurement methods. Background on the criteria for EUT volumes is given in Annex F.

For some products, it can be required to measure the electric field strength, the magnetic field strength, or both components of the radiated disturbance. Sometimes a measurement of a quantity related to radiated power is more appropriate. Normally measurements should be made of both the horizontal and vertical components of the disturbance relative to the installation floor or ground plane. The results of measurements of either the electric field-strength component or magnetic field-strength component may be expressed in peak, quasi-peak, average, or rms-average values.

The magnetic field strength component of a disturbance is typically measured at frequencies up to 30 MHz. Generally, in magnetic field strength measurements, the horizontal and vertical components of the field at the position of the receiving antenna are measured when using the distant single antenna procedure. If an LLAS is used, the three orthogonal magnetic dipole moments of the EUT are measured.

NOTE 1 In the magnetic field-strength measurement method using a distant single antenna (e.g. 60 cm loop antenna), the horizontal components of the field at the position of the antenna are determined by the horizontal and vertical dipole moments of the EUT.

**Table 8 – Applicable frequency ranges and document references
for CISPR radiated disturbance test sites and measurement methods**

Site / method	9 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz	1 GHz to 18 GHz
Outdoor site	tbd	7.3.8	n/a
LLAS	7.2	n/a	n/a
OATS or SAC	tbd	7.3	n/a
FAR	n/a	7.4	7.6
Common RE/RI	n/a	7.5 (RI starts 80 MHz)	n/a
Absorber-lined OATS/SAC	n/a	n/a	7.6
<i>In situ</i>	7.7.2	7.7.3, 7.7.4.2	7.7.3, 7.7.4.3
Substitution method	n/a	7.8	7.8
Reverberation chamber	n/a	7.9 (Starts 80 MHz)	7.9
TEM waveguide	IEC 61000-4-20	7.10	7.10
n/a = not applicable; tbd = to be determined or is under consideration			

7.1.2 Overview of maximum EUT volumes depending on measurement method, frequency range, and measurement distance

7.1.2.1 Frequency range 9 kHz to 30 MHz

- a) Maximum EUT dimensions for large-loop antenna system (LLAS) measurements are listed in Table 9.

It is recommended to use a 3 m LLAS for $1,6 \text{ m} < \text{EUT dimensions} \leq 2,4 \text{ m}$, and to use a 4 m LLAS for $2,4 \text{ m} < \text{EUT dimensions} \leq 3,2 \text{ m}$.

Table 9 – Maximum EUT dimensions for different LLAS diameters, 9 kHz to 30 MHz

LLAS diameter	2 m	3 m	4 m
EUT dimension ^a	1,6 m	2,4 m	3,2 m
^a The specified EUT dimension applies for the diameter of a sphere that fully encompasses the EUT; e.g. for an EUT in the form of a cube, the maximum cube side length for a 2 m LLAS will be $(1,6 \text{ m})/\sqrt{3} = 0,92 \text{ m}$; for a 3 m LLAS: $(2,4 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,39 \text{ m}$; and for a 4 m LLAS: $(3,2 \text{ m})/\sqrt{3} = 1,85 \text{ m}$. These maximum EUT dimensions are the same as specified in CISPR 16-1-4.			

- b) Recommended maximum EUT dimensions for an OATS/SAC or an outdoor site are listed in Table 10.

Table 10 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and outdoor site, 9 kHz to 30 MHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m	30 m
D by h at OATS/SAC ^a	1,5 by 1,5 ^b	2,0 by 2,0 ^b	5,0 by 4,0	15 by 4,0 ^d
D by h at outdoor site ^c	1,5 by 1,5 ^b	2,0 by 2,0 ^b	5,0 by 4,0	15 by 4,0 ^d
^a Test site specifications and validation methods for OATS/SAC are under development. ^b EUT volumes less than or equal to those for $d = 3 \text{ m}$ (5 m) are small EUTs, as defined in 3.1.35. Disturbance limits for larger EUTs can be defined for these distances taking the EUT volume diameter into account (see e.g. [18]). Work is in progress to define conditions for medium-sized EUT volumes. ^c An outdoor site is a non-validated test site without a conducting ground plane. ^d The EUT diameter for 30 m is proportional to the diameters for 3 m and 10 m. The distance of 30 m is regarded as a protection distance, where any EUT volume that is encompassed by the receive antenna beamwidth is acceptable. This table includes the 30 m distance because it is specified in CISPR 11, regardless that an associated validation method is not available or in preparation for the frequency range 9 kHz to 30 MHz. EUT height is limited to 4 m, because heights greater than 4 m are not practically needed.				

- c) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6W$ by $0,6L$ by $0,33H$, where W = the (average) septum width, H = the (average) septum height, and $L = z_{\max} - z_{\min}$, i.e. the region where the TEM mode requirements are fulfilled (see IEC 61000-4-20). The EUT volume is limited by the test volume.

7.1.2.2 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

- a) Maximum EUT dimensions for an OATS/SAC and a FAR are listed in Table 11.

Table 11 – Maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m), OATS/SAC and FAR, 30 MHz to 1 000 MHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m	30 m
D by h at OATS/SAC	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 4,0 ^a	15 by 4,0 ^a
D by h in FAR	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0 ^b	3,0 by 3,0 ^b	-

NOTE EUT volumes less than or equal to those for $d = 3$ m (5 m) are small EUTs as defined in 3.1.35. Work is in progress to define conditions for medium-sized EUT volumes.

^a For an OATS/SAC, the EUT volume at 10 m and 30 m distances is a recommendation only because these distances may be regarded as protection distances, where any EUT volume that is encompassed by the receive antenna beamwidth is accepted, provided that the test volume fulfils the validation criteria.

^b Table 14 of CISPR 16-1-4 specifies maximum diameters and heights of the EUT volume for radiated disturbance measurements in a FAR as 1,5 m, 2,5 m, and 5 m for measurement distances $d = 3$ m, 5 m, and 10 m, respectively. The reason why the maximum EUT dimensions are less than 2,5 m and 5 m at $d = 5$ m and 10 m, respectively, is mainly due to the near-field effect and the fact that a FAR is an alternative test site.

- b) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6w$ by $0,6L$ by $0,33h$. For definitions of w , L , and h , see 7.1.2.1 c).

- c) Maximum EUT dimensions in a reverberation chamber (RC) are as follows.

At the lowest usable frequency of an RC, the EUT shall be at least $\lambda/4$ away from the chamber walls. Additional space is required for the tuner/stirrer and for the transmit antenna and receive antenna; see IEC 61000-4-21 for details.

7.1.2.3 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

- a) Recommended maximum EUT dimensions for an absorber-lined OATS/SAC and FAR are listed in Table 12.

Table 12 – Recommended maximum EUT-volume diameter D (in m) and height h (in m) – for reduced near-field uncertainty; absorber-lined OATS/SAC and FAR, 1 GHz to 18 GHz

Measurement distance	3 m	5 m	10 m
D by h in 1 GHz to 6 GHz ^{a,b}	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 3,0
D by h in 6 GHz to 18 GHz ^a	1,5 by 1,5	2,0 by 2,0	5,0 by 3,0

^a The minimum antenna beamwidths required for the EUT volumes in this table are 28° (for $d = 3$ m), $22,6^\circ$ (for $d = 5$ m) and $22,6^\circ$ (for $d = 10$ m), as determined using Equation (13); see also Table 5.

^b At present CISPR 32 does not specify disturbance limits for frequencies above 6 GHz. If CISPR disturbance limits for frequencies above 6 GHz are adopted, the EUT dimension recommendations might have to be amended.

- b) Maximum EUT dimensions in a TEM waveguide are as follows.

The usable test volume is $0,6w$ by $0,6L$ by $0,33h$. For definitions of w , L , and h , see 7.1.2.1 c).

- c) Maximum EUT dimensions in a reverberation chamber (RC) – see 7.1.2.2 c).

7.2 Loop-antenna system measurements (9 kHz to 30 MHz)

7.2.1 General

The LLAS considered in this subclause is suitable for indoor measurement of the magnetic field strength emitted by a single EUT in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. The magnetic field

strength is measured in terms of the currents induced into the LLAS by the magnetic disturbance field of the EUT. The LLAS shall be validated regularly using the method described in CISPR 16-1-4. CISPR 16-1-4 also gives a complete description of the LLAS and a relation between the measuring results obtained with the LLAS and those obtained as described in this subclause.

7.2.2 General measurement method

Figure 7 shows the general concept of measurements made with the LLAS. The EUT is placed in the centre of the LLAS. The current induced by the magnetic field strength from the EUT into each of the three large loop antennas of the LLAS is measured by connecting the current probe of the large loop antenna to a measuring receiver (or equivalent). During the measurements, the EUT remains in a fixed position.

The currents in the three large loop antennas, originating from the three mutually orthogonal magnetic field strength components, are measured in sequence. Each current level measured shall comply with the emission limit, expressed in dB(μ A), as specified in the product standard. The emission limit shall apply for an LLAS having large loop antennas with the standardized diameter of 2 m.

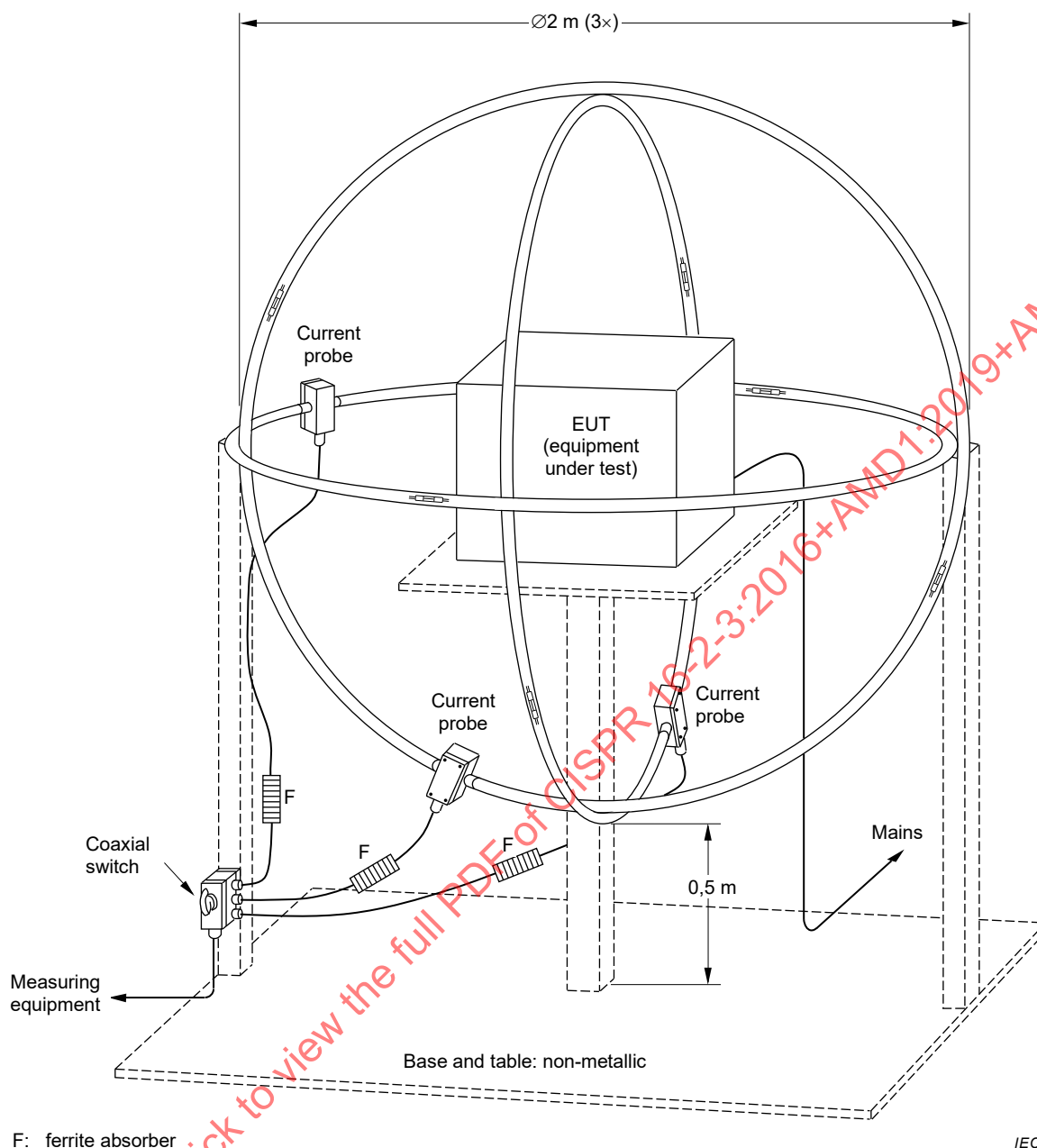


Figure 7 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system

7.2.3 Test environment

The distance between the outer perimeter of the LLAS and nearby objects, such as floor and walls, shall be at least 0,5 m. The currents induced in the LLAS by an RF ambient field shall be judged in accordance with CISPR 16-1-4.

7.2.4 Configuration of the equipment under test

To avoid unwanted capacitive coupling between the EUT and the LLAS, the maximum dimensions of the EUT shall allow a distance of at least 0,20 m between the EUT and the standardized 2 m large loop antennas of the LLAS.

The position of the mains lead shall be optimized for maximum current induction. In general, this position will not be critical when the EUT complies with the conducted emission limit.

In case of a large EUT, the diameter of the loop antennas of the LLAS may be increased up to 4 m. In that case:

- a) the current values measured shall be corrected in accordance with Clause B.6 of CISPR 16-1-2:2014; and
- b) the maximum dimensions of the EUT shall allow a distance between the EUT and the large loops of at least $(0,1 \times D)$ m, where D is the diameter of the non-standardized loop.

7.2.5 Measurement uncertainty for LLAS

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.3 Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (30 MHz to 1 GHz)

7.3.1 Measurand

The quantity to be measured is the maximum electric field strength emitted by the EUT as a function of horizontal and vertical polarization and at heights between 1 m and 4 m, and at a horizontal distance of 10 m from the EUT, over all angles in the azimuth plane. This quantity shall be determined with the following provisions:

- a) the frequency range of interest is 30 MHz to 1 000 MHz;
- b) the quantity shall be expressed in terms of field strength units that correspond with the units used to express the limit levels for this quantity;
- c) a SAC/OATS measurement site and positioning table shall be used that complies with the applicable CISPR validation requirements;
- d) a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1 shall be used;
- e) the use of alternative measurement distances, such as 3 m or 30 m instead of 10 m, shall be considered as alternative measurement methods;
- f) the measurement distance is the horizontal projection of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point to the ground plane;
- g) the EUT is configured and operated in accordance with the CISPR specifications;
- h) free-space antenna factors shall be used.

The measurand E is derived from the maximum voltage reading V_r by using the free-space antenna factor F_a :

$$E = V_r + A_c + F_a \quad (7)$$

where

E is the field strength in dB(μ V/m) as in the measurand description;

V_r is the maximum received voltage in dB(μ V) using the procedure as in the measurand description;

A_c is the loss in dB of the measuring cable between antenna and receiver.

Free-space antenna factors are used as a figure of merit for the antenna. It should be noted the field strength is measured above a ground plane, not in a free-space environment

In an EMC disturbance measurement the electric field strength is required at a given distance from the boundary of the EUT. The test distance is measured from the reference point of the antenna to the boundary of the EUT (see Figure 8). In the case of a difference between the

reference point on an antenna and the phase centre, a correction factor may be applied to obtain the field strength at the test distance.

NOTE 1 See also 7.5.2.2 and A.6.2 of CISPR 16-1-6:2014 [2] about corrections of field strength results for antenna phase centre variations.

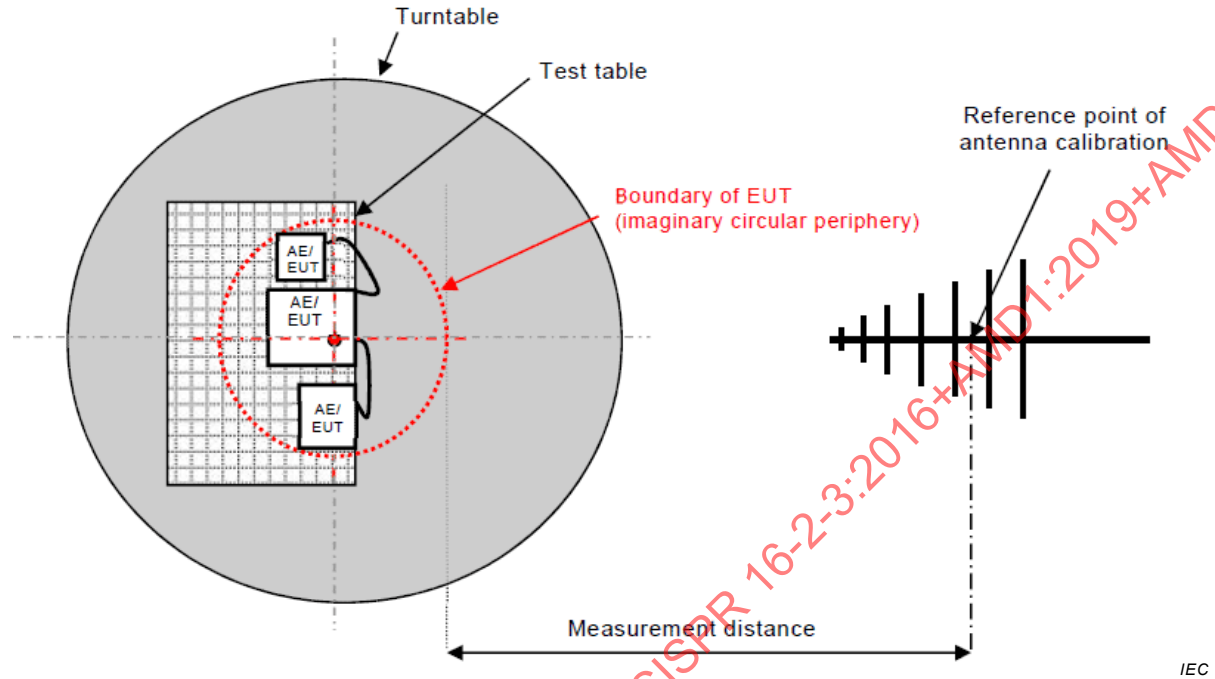


Figure 8 – Measurement distance

As an example, consider a typical log-periodic dipole array (LPDA) antenna that has a separation of approximately 0,6 m between the dipole that is responsive to the field at 200 MHz and the dipole that is responsive at 1 000 MHz. For the measurement of the emission at a distance $d = 3$ m from the EUT, at a frequency of 200 MHz, the electric field strength will be measured at a distance of approximately 3,3 m from P2 in Figure 9, according to the value of d_{phase} from Equation (11), where P2 is the boundary of the EUT.

For a given frequency, the following correction, ΔE in dB, shall be added to the measured electric field strength:

$$\Delta E = 20 \lg \left(\frac{d_{\text{phase}}}{d} \right) \quad (8)$$

Referring to Figure 9 the distance from P2 to the resonant element at a given frequency is d_{phase} given by Equation (9). Point P1 is the manufacturer's mark or the centre of the antenna, d_{1P} is the distance from the tip of the antenna to P1 and d_{1f} is the distance from the tip of the antenna to the phase centre position at frequency f .

$$d_{\text{phase}} = d + (d_{1f} - d_{1P}) \quad (9)$$

where

$$d_{1f} = \frac{(l_f - l_{\min})(d_{\max} - d_{\min})}{l_{\max} - l_{\min}} + d_{\min} \quad (10)$$

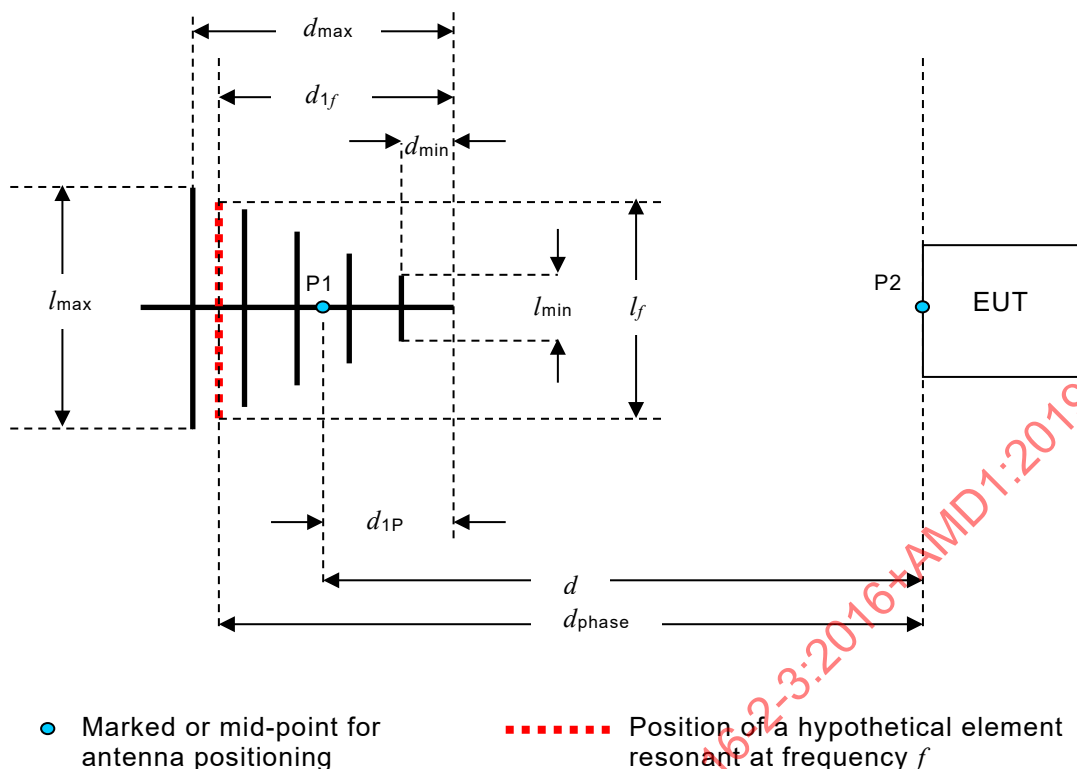
- l_f is the length of the dipole element that is nominally resonant at frequency f in MHz and is equal to $0,9 \times 150/f$ in m, where 0,9 is a generic shortening factor due to the finite radius of the dipole [11];
- $l_{\min}$ and $l_{\max}$ are lengths of the dipoles having minimum and maximum lengths (i.e. the dipoles are resonant at approximately the upper and lower operating frequencies, respectively);
- $d_{\min}$ and $d_{\max}$ are the distances from the minimum and maximum length dipoles to the antenna tip, respectively.

For hybrid antennas the phase center position d_{phase} is determined using information supplied by the antenna manufacturer. In case of tabular form the antenna manufacturer shall provide d_{1f} for the frequency range 100 MHz to 300 MHz with a maximum frequency step of 20 MHz.

It is assumed in Equation (8) that the field point is in the far-field of the antenna. In a near-field situation, usually for less than half a wavelength, the measurement for A_{APR} (see Equation (13) of CISPR 16-1-4:2019) takes near-field effects into account. For more detail, including corrections for tapered LPDA sections of hybrid antennas, see 7.5.2.2 of CISPR 16-1-6:2014 [2]. Linear interpolation is used to estimate the phase centre position for frequencies between the resonant frequencies of the elements at the ends of the operating frequency range.

If a phase centre correction is not applied it shall be considered in the measurement instrumentation uncertainty budget in accordance with CISPR 16-4-2.

NOTE 2 The antenna calibration laboratory may provide the electric field strength correction for specific measurement distances (e.g. 3 m and 10 m) by equivalent corrections of the antenna factor for these distances.



IEC

Figure 9 – Separation distance relative to the phase centre of an LPDA antenna

7.3.2 Test site requirements

The compliance test site (COMTS) shall conform to the relevant specifications of CISPR 16-1-4 for its physical and electrical properties, and for its validation.

7.3.3 General measurement method

Figure 10 shows the concept of measurements made on an open-area test site (OATS) or in a semi-anechoic chamber (SAC) with the direct and ground reflected rays arriving at the receiving antenna.

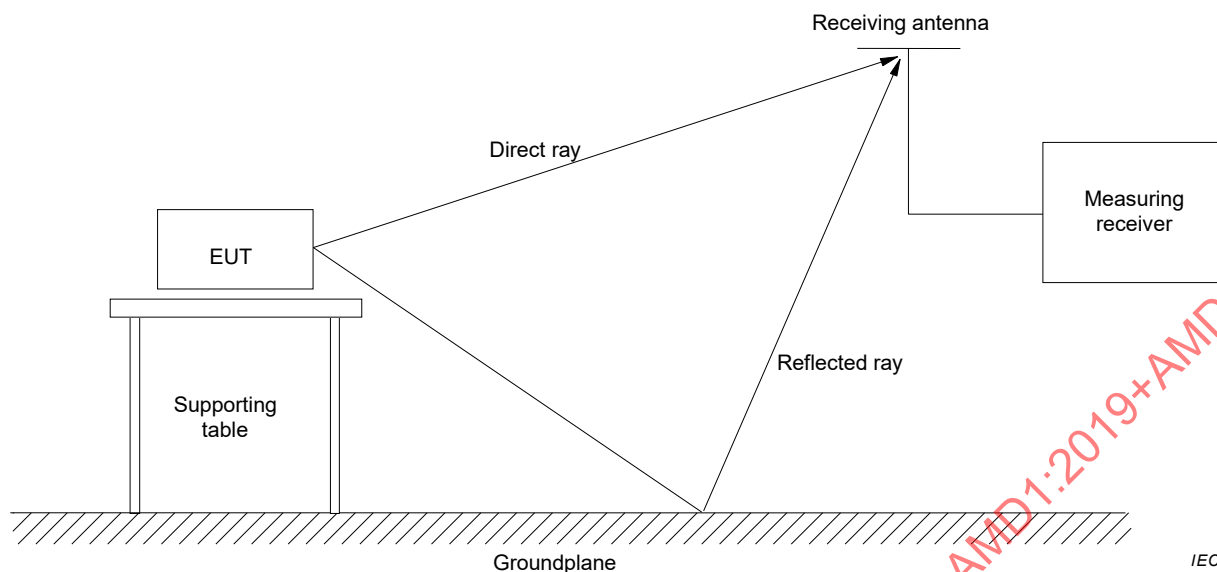


Figure 10 – Concept of electric field strength measurements made on an open-area test site (OATS) or semi-anechoic chamber (SAC) showing the direct and reflected rays arriving at the receiving antenna

The EUT is configured at a specified height above the ground plane and configured to represent normal operating conditions. The antenna is positioned at the specified separation distance. The EUT is rotated in the horizontal plane and the maximum reading noted. The height of the antenna is adjusted so that the direct and reflected rays approach or meet in-phase addition. The procedural steps may be interchanged and may need to be repeated to find the maximum disturbance. For practical reasons, the height variation is restricted, and, therefore, perfect in-phase addition may not be achieved.

7.3.4 Measurement distance

An EUT subject to a radiated disturbance limit at a specified distance should be measured at that distance unless to do so would be impractical because of equipment size, etc. The measurement distance is the distance between the projection of closest point of the EUT to the antenna and the projection of the calibration reference point of the antenna on the ground plane. If the antenna reference point is not specified in the antenna calibration report, for log-periodic antennas the reference point is a point along the horizontal antenna boom midway between the dipole elements that correspond to a half wavelength at the centre frequency of antenna frequency range.

NOTE The centre frequency is defined by: $\lg(f_{\text{centre}}) = (\lg f_{\text{min}} + \lg f_{\text{max}})/2$; $f_{\text{centre}} = 10^{\lg(f_{\text{centre}})}$.

A distance of 10 m is preferred at most outdoor sites since at this distance the expected level of the disturbance being measured is sufficiently above the general ambient noise level to permit useful testing. Distances of less than 3 m or greater than 30 m are not generally used. If a measurement distance other than the specified distance is necessary, the results should be extrapolated using the procedures specified in the product standards. If no guidance is given, suitable justification for extrapolation shall be provided. In general, extrapolation does not follow a simple inverse distance law.

Where possible, measurement should be made in the far field. The far-field region may be defined by the following conditions. The measurement distance d is selected so that:

- $d \geq \lambda/(2\pi)$. At this distance $E/H = Z_0 = 120 \pi = 377 \Omega$, that is electrical and magnetic field strength components are perpendicular to each other, and the measurement error is in the order of 3 dB if the EUT is regarded as being an electrically small antenna, where $D \ll \lambda$; or

- b) $d \geq \lambda$, a condition for a plane wave, where the error is in the order of 0,5 dB if the EUT is regarded as an electrically small antenna, where $D \ll \lambda$; or
- c) $d \geq D^2/(2\lambda)$, where D is the largest dimension of either the EUT or the antenna determining the minimum aperture for the illumination of the EUT, which applies to cases, where $D \gg \lambda$ with deviations up to 1 dB; see Annex F for details about near-field effects.

7.3.5 Antenna height variation

For electric field-strength measurements, the antenna height above the ground plane shall be varied within a specified range to obtain the maximum reading that will occur when the direct and reflected rays are in phase. As a general rule, for measurement distances up to and including 10 m, the antenna height for electric field strength measurements shall be varied between 1 m and 4 m. At greater distances of up to 30 m, preferably the height shall be varied between 2 m and 6 m. It may be necessary to adjust the minimum antenna height above ground down to 1 m in order to maximize the reading. These height scans apply for both horizontal and vertical polarization, except that for vertical polarization, the minimum height shall be increased so that the lowest point of the antenna clears the site ground surface by at least 25 cm.

7.3.6 Product specification details

7.3.6.1 General

In addition to specifying the detailed measurement method and the disturbance parameters to be measured, the product standards shall include other relevant details as outlined below.

7.3.6.2 Test environment

The influence of the test environment shall be considered so as to ensure correct functioning of the EUT. Important parameters in the physical environment shall be specified, e.g. temperature and humidity.

The electromagnetic environment needs special consideration to ensure accurate disturbance measurements. The ambient radio noise and signal levels measured at the test site with the EUT de-energized should be at least 6 dB below the limit. It is recognized that this is not always realizable at all frequencies. However, in the event that the measured levels of the ambient plus EUT radio noise emissions are not above the limit, the EUT shall be considered to be in compliance with the limit. See 6.2.2.2 and Annex A for further guidance about ambient levels and resulting measurement errors.

If the ambient field-strength level at frequencies within the specified measurement ranges, at the specified measurement distance, exceeds the limit(s), the following alternatives may be used to show compliance of the EUT:

- a) Perform measurements at a closer distance and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. Extrapolate the results using one of the following methods:
 - 1) determine L_2 corresponding to the close-in distance d_2 by applying the relation $L_2 = L_1(d_1/d_2)$, where L_1 is the specified limit in $\mu\text{V/m}$ at the distance d_1 ;
NOTE This extrapolation method can only be used when both d_1 and d_2 are in the far-field zone of the EUT at all frequencies of measurement.
 - 2) use the formula as recommended by the product standard;
 - 3) determine the limit L_2 at a distance d_2 applying an extrapolation formula verified by measurements at no less than three different distances.
- b) In the frequency bands where the ambient noise values are exceeded (measured values higher than 6 dB below the limit), the disturbance values of the EUT may be interpolated from the adjacent disturbance values. The interpolated value shall lie on the curve describing a continuous function of the disturbance values adjacent to the ambient noise.

- c) Perform measurements in critical frequency bands during hours when broadcast stations are off the air and the ambients from industrial equipment are lower.
- d) Compare the amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation with the amplitude of the disturbance on adjacent frequencies, in a shielded room or absorber-lined shielded room. The amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation can be estimated by measuring the amplitude of the adjacent frequency disturbance and making a comparison.
- e) Consider the directions of strong ambient signals in orienting the axis of an OATS, so that the orientation of the receiving antenna on the site discriminates against such signals as far as possible.
- f) Use a narrower instrument bandwidth for narrowband disturbances from the EUT occurring near an RF ambient when both are within the standard bandwidth.

7.3.6.3 Configuration of EUT

The EUT operating conditions and arrangement are detailed in 6.4.

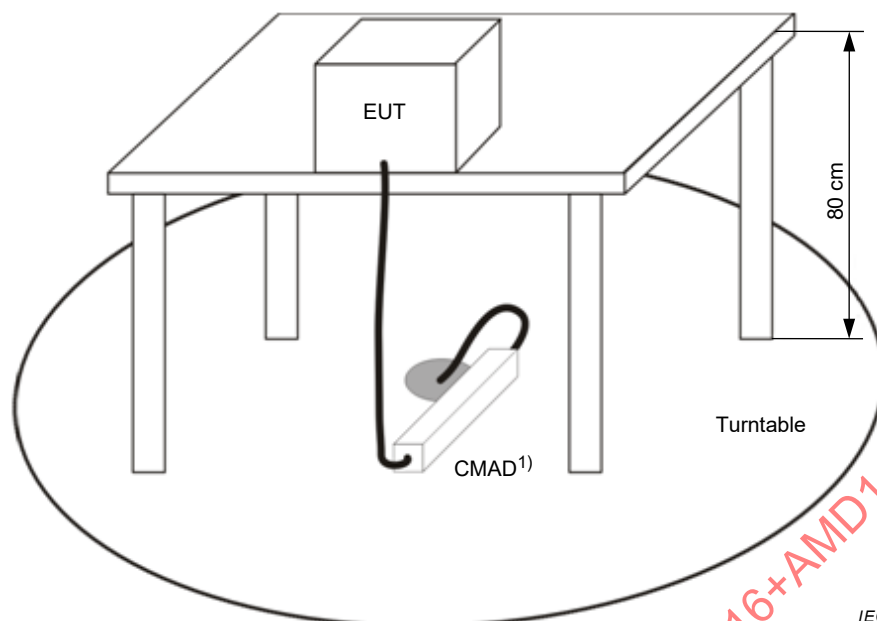
Ferrite clamp type CMADs are used to reduce the influence of cables outside the test volume on radiated disturbance measurement results. If CMADs are used, the cable leaving the test volume shall enter the CMAD at the point where it reaches the ground plane as shown in Figure 11. The CMAD shall always be placed flat on the ground plane. The part of the cable between the exit point of the CMAD and the exit point of the turntable shall be kept as short as possible. Each cable shall be treated with a separate CMAD. Cables with diameters larger than the cable openings of commercially available CMADs do not have to be treated with CMADs.

In order to avoid saturation, high common mode current power cables (e.g. the output port of inverters) should not be treated with CMADs unless the CMADs in use are specifically designed for high common mode currents.

For EUTs with up to three cables leaving the test volume, each cable shall be treated with a CMAD during radiated disturbance measurements. This requirement applies to any type of cable (e.g. power, telecommunication, and control). For a test set-up with more than three cables leaving the test volume, only the three cables from which the highest emission is expected need to be equipped with CMADs. The cables on which the CMADs have been applied shall be documented in the test report.

NOTE The limitation of the number of CMADs is discussed in [12]. In comparing large versus small size EUTs, as well as EUTs with one versus two cables, the author concluded that a small EUT with only one cable leaving the test volume is worst case. The author's investigation covered application of CMADs to tabletop equipment with three cables or less.

General information on the purpose and application of ferrite-type CMADs is provided in 4.9.1 of CISPR TR 16-3:2010 [3].



¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 11 – Position of CMAD for table-top equipment on OATS or in SAC

7.3.7 Measurement instrumentation

The measurement instrumentation, including antennas, shall conform to the relevant requirements in CISPR 16-1-1 and CISPR 16-1-4.

7.3.8 Field-strength measurements on other outdoor sites

Outdoor test sites similar to an open-area test site but without any metal ground plane may be prescribed for some products, for practical reasons, e.g. ISM equipment and motor vehicles. The provisions given in 7.3.4 to 7.3.7 shall remain applicable.

7.3.9 Measurement uncertainty for OATS and SAC

General and basic considerations about uncertainties for emission measurements are given in CISPR 16-4-1. Uncertainty aspects specific to radiated emission measurements on an OATS or SAC (30 MHz to 1 GHz) are given in CISPR 16-4-2.

7.4 Fully-anechoic room measurements (30 MHz to 1 GHz)

7.4.1 Test set-up and site geometry

The same type of antenna shall be used for EUT emission testing as the receive antenna used for the FAR site validation testing. The antenna height is fixed at the geometrical middle height of the test volume. Measurement are carried out in horizontal and vertical polarization of the receive antenna. Emission should be measured while the turntable rotates with the EUT in each of at least three successive azimuth positions (0°, 45°, 90°), when continuous rotation is not required. Figure 12 illustrates the typical FAR site geometry, and the relevant dimensions.

The EUT shall be placed on a turntable. Figure 12, Figure 13 and Figure 14 explain the different dimensions within the FAR. The turntable, antenna mast and supporting floor shall be in place during the site validation procedure, and consist largely of material transparent to electromagnetic waves. The distances a , b , c and e may be limited by the size of the test volume. The level of the bottom plane (absorber height plus c) is the level for floor-standing equipment (transport pallet height is outside the test volume).



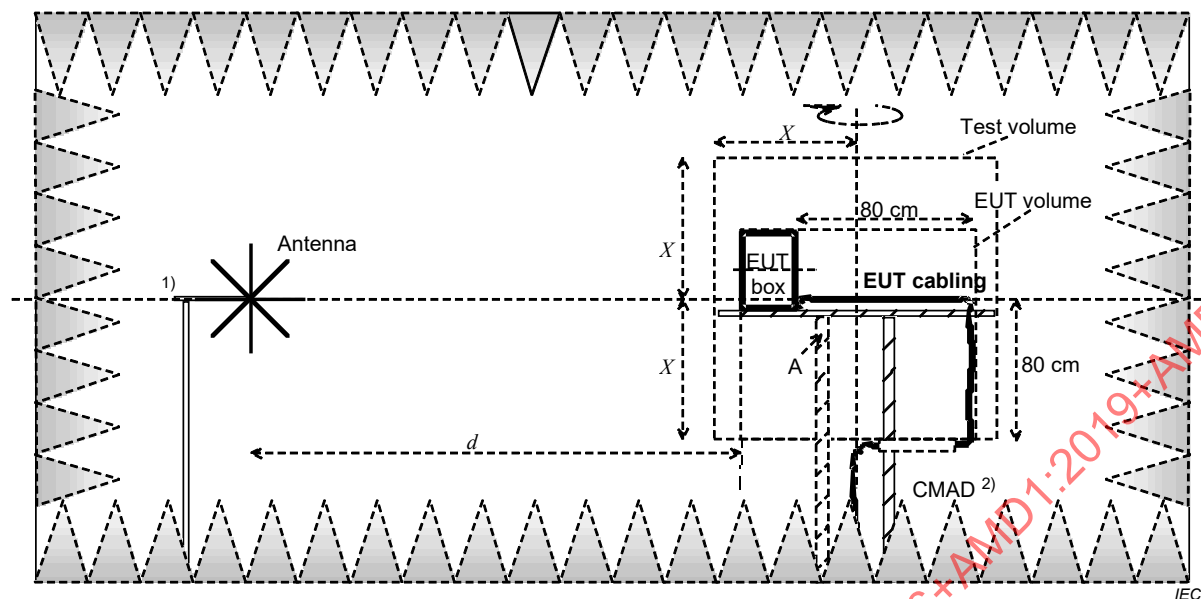
A turntable and EUT support fixture

h_m middle level of the test volume

d 3 m, 5 m, or 10 m

- 1) The antenna and cable layout shall be validated together and used in the same configuration during EUT test. The antenna together with the cable may have to be moved for the alignment of the required test distance during the EUT test.
- 2) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 12 – Typical FAR site geometry, where a, b, c, e depend upon the room performance



Key

A turntable and EUT support fixture

$2X$ 1,5 m, 2,5 m, 5 m

d 3 m; 5 m, or 10 m (for 3 m, 5 m, or 10 m test distance, respectively)

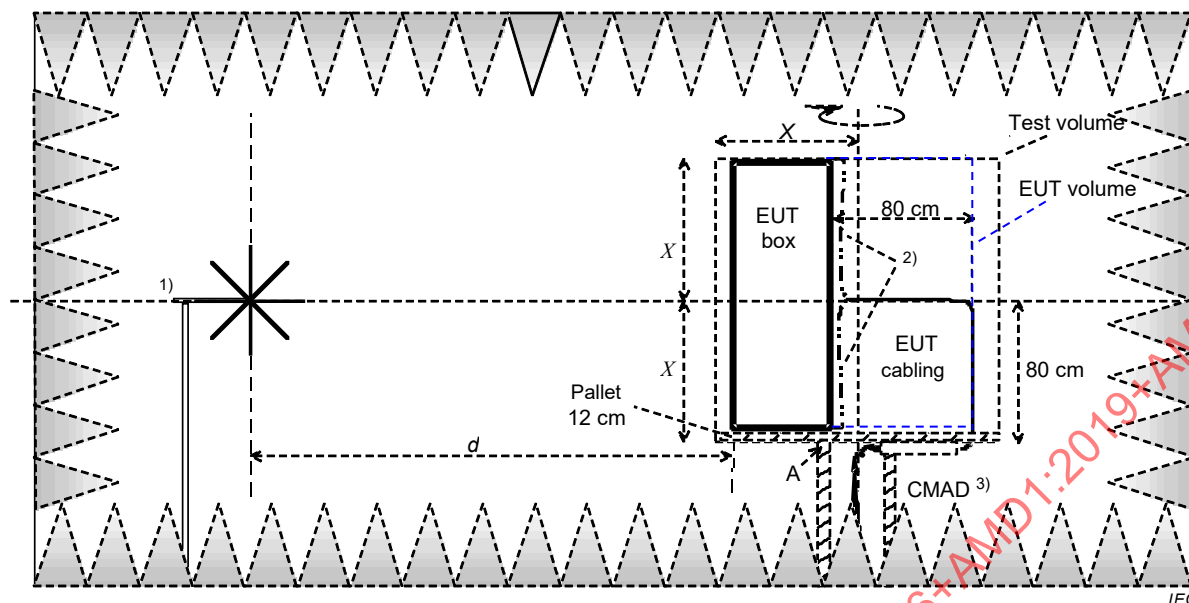
1) The antenna cable layout shall be the same as in the site validation procedure (see Figure 12).

2) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 13 – Typical test set-up for table-top equipment within the test volume of a FAR

The test distance is measured from the reference point of the antenna to the boundary of the EUT. In the case of a difference between the reference point on an antenna and the phase centre, a correction factor may be applied to obtain the field strength at the test distance.

For a given frequency, the correction ΔE in dB in Equation (8) shall be added to the measured electric field strength in order to reduce its uncertainty. The correction of electric field strength is applied to account for the phase centre correction of LPDA antennas and the log-periodic part of hybrid antennas.



Key

A	turntable and EUT support fixture
2X	1,5 m, 2,5 m, 5 m
d	3 m, 5 m or 10 m for 3 m, 5 m, or 10 m test distance, respectively

Pallet of 12 cm (10 cm to 14 cm) is a compromise between metal- and wooden ground plane.

- 1) The antenna cable layout shall be the same as in the validation procedure (see Figure 12).
- 2) The cable layout depends on the location of the cable outlets and shall be close to the surface of the housing.
- 3) CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 14 – Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR

7.4.2 EUT position

Figure 13 and Figure 14 illustrate test set-ups in a FAR for typical table-top and floor-standing EUTs, respectively. The EUT shall be configured, installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. The entire EUT shall fit in the test volume. Associated equipment that is required to exercise the EUT, but does not form part of it, shall be located outside the screened room.

Interface cables shall be connected to each type of interface port of the EUT. If the EUT consists of separate devices, the space between the devices shall be in the normal configuration, but with 10 cm separation if possible. Interconnecting cables shall be bundled. The bundle shall be 30 cm to 40 cm long and longitudinal to the cable.

To improve the measurement repeatability, the following guidelines shall be applied:

- a) The EUT (including the cables laid out according to 7.4.3) shall be placed so that its centre is at the same height as the centre of the test volume. A non-conductive support of a suitable height may be used to achieve this.
- b) Where it is not physically possible to elevate a large EUT to the centre of the test volume (Figure 12 and Figure 13), the EUT may remain on a non-conductive transport pallet during the test (Figure 14). The height of the pallet shall be recorded in the test report.

The installation specifications for some floor-standing equipment require the unit to be installed and bonded directly to a conductive floor. The following considerations apply for testing of floor-standing equipment in a FAR: if FAR test results for floor-standing equipment intended to be installed and bonded directly to a conductive floor show non-compliance with an emissions limit applicable to FAR sites, actual emissions may be lower if the EUT were tested on a ground plane that better simulates the final installation environment. This is particularly true if the emissions are at a frequency below 200 MHz, horizontal polarization, and the source of emissions is from a location on the equipment that would correspond to a height above ground of 0,4 m or less in a typical installation. The reader is advised that prior to a determination of non-compliance based on FAR measurements, additional investigation in a ground plane test environment (i.e. an open-area test site or semi-anechoic chamber) is recommended, to better simulate the final intended installation condition for the equipment.

7.4.3 Cable layout and termination

In EMC testing, the reproducibility of measurement results is often poor due to differences in cable layout and termination, when one single EUT is measured at various test-sites. The following listed items are general conditions for the test set-up in order to provide good reproducibility (see Figure 13 and Figure 14). Ideally all radiation to be measured should only be emitted from the test volume. The cables used during the test shall be in accordance with manufacturer's specifications. The EUT may employ non-terminated cables if cable terminations are not available. The specifications of the cables and terminations used during testing shall be clearly described in the test report.

- a) The cables that are connected to the EUT and auxiliary equipment or power supply shall include a length of 0,8 m run horizontally and 0,8 m run vertically (without any bundling) inside the test volume (see Figure 13 and Figure 14). Any cable length in excess of 1,6 m with a relative tolerance of $\pm 5\%$ shall be routed outside the test volume.
- b) If the manufacturer specifies a shorter length than 1,6 m, then, where possible, it shall be oriented such that half of its length is horizontal and half is vertical in the test volume.
- c) Cables that are not exercised through associated equipment during the test shall be appropriately terminated:
 - 1) coaxial (shielded) cables with coaxial terminator with correct impedance (50 Ω or 75 Ω);
 - 2) shielded cables with more than one inner wire shall have common mode (line to reference earth/ground) and differential-mode (line to line) termination in accordance with the manufacturer's specifications;
 - 3) unshielded cables shall have differential mode termination as well as common-mode termination in accordance with the manufacturer's specifications.
- d) If the EUT needs associated equipment in order to be operated properly, special care shall be taken that no emission of that equipment can influence the radiation measurement. Associated equipment shall be located outside the screened room wherever possible. Measures against RF-leakage into the FAR through the interconnection cables shall be taken.
- e) The test set-up, including cable layout and details of attached cables and terminations, are specified in the different product standards.
- f) Ferrite clamp type CMADs are used to reduce the influence of cables outside the test volume on radiated disturbance measurement results. The cable leaving the test volume shall enter the CMAD at the point where it reaches the bottom of the test volume (turntable) as shown in Figure 12, Figure 13 and Figure 14. Each cable shall be treated with a separate CMAD. Cables with diameters larger than the cable openings of commercially available CMADs need not be treated with CMADs.

In order to avoid saturation, high common mode current power cables (e.g. output port of inverters) should not be treated with CMADs, unless the CMADs in use are specifically designed for high common mode currents.

For EUTs with up to three cables leaving the test volume, each cable shall be treated with a CMAD during radiated disturbance measurements. This requirement applies to any type

of cable (e.g. power, telecommunications and control). For a test set-up with more than three cables leaving the test volume only the three cables from which the highest emission is expected need to be equipped with CMADs. The cables on which the CMADs have been applied shall be documented in the test report.

General information on the purpose and application of ferrite-type CMADs is provided in 4.9.1 of CISPR TR 16-3:2014 [2].

Due to the different nature of the many possible EUTs, product standards may deviate considerably from the requirements of this subclause (e.g. 10.5 of CISPR 22:2008 [4]).

7.4.4 Measurement uncertainty for FAR

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. An example of an uncertainty budget for an emission measurement at a 3 m distance in a FAR is given in CISPR 16-4-2.

7.5 Radiated emission measurement method (30 MHz to 1 GHz) and radiated immunity test method (80 MHz to 1 GHz) with common test set-up in semi-anechoic chamber

7.5.1 Applicability

As an alternative to different test set-ups for radiated emissions and radiated immunity testing, at the discretion of product committees, testing to both requirements may be performed using a common EUT arrangement in accordance with the provisions of this clause. The test arrangement described in this clause is applicable when radiated emissions and immunity testing of the EUT using the same configuration and test set-up is technically justified. This test arrangement is considered to be most applicable to EUTs of simple configuration, e.g. single enclosure, combination of small enclosures, less than five cables connected to the EUT. This alternative test arrangement is allowed for EUTs whose product emissions standards permit radiated emission tests at 3 m separation distance.

The radiated immunity test may be performed with absorbing material covering portions of the ground plane between the EUT and the transmitting antenna, if necessary to achieve field uniformity, as described in IEC 61000-4-3 (i.e. absorber-lined SAC, analogous to absorber-lined OATS). For emission measurements, the normalized site attenuation characteristics of the SAC without the ground-plane absorber shall satisfy the requirements of CISPR 16-1-4.

7.5.2 EUT perimeter definition and antenna-to-EUT separation distance

Radiated emission and immunity tests shall be made with the receive or transmit antenna located at a horizontal distance of 3 m plus half of the maximum width of the EUT being tested, measured from the centre of the EUT. The antenna reference point used when determining its distance from the EUT is the identified reference point. However, if the reference point is not specified, the reference point is a point along the horizontal antenna boom midway between the dipole antenna elements that correspond to a half wavelength of the upper and lower frequency limits to be evaluated.

NOTE For a log-periodic antenna, the manufacturer may specify the reference point.

For a given frequency, the correction ΔE in dB in Equation (8) is added to the measured electric field strength in order to reduce its uncertainty. The correction of electric field strength is applied to account for the phase centre correction of LPDA antennas and the log periodic part of hybrid antennas. If a phase centre correction is not included, it shall be considered in the uncertainty budget. Refer to 7.3.1 for more details.

The EUT perimeter is defined by the smallest virtual (imaginary) rectangle encompassing the EUT. All intersystem cables shall be included within this perimeter (see Figure 15). Each edge of this perimeter shall lie in one of the four face planes of the EUT, co-planar with (and possibly

residing within) the uniform field areas (UFAs) calibrated for immunity tests, depending upon the horizontal test distance.

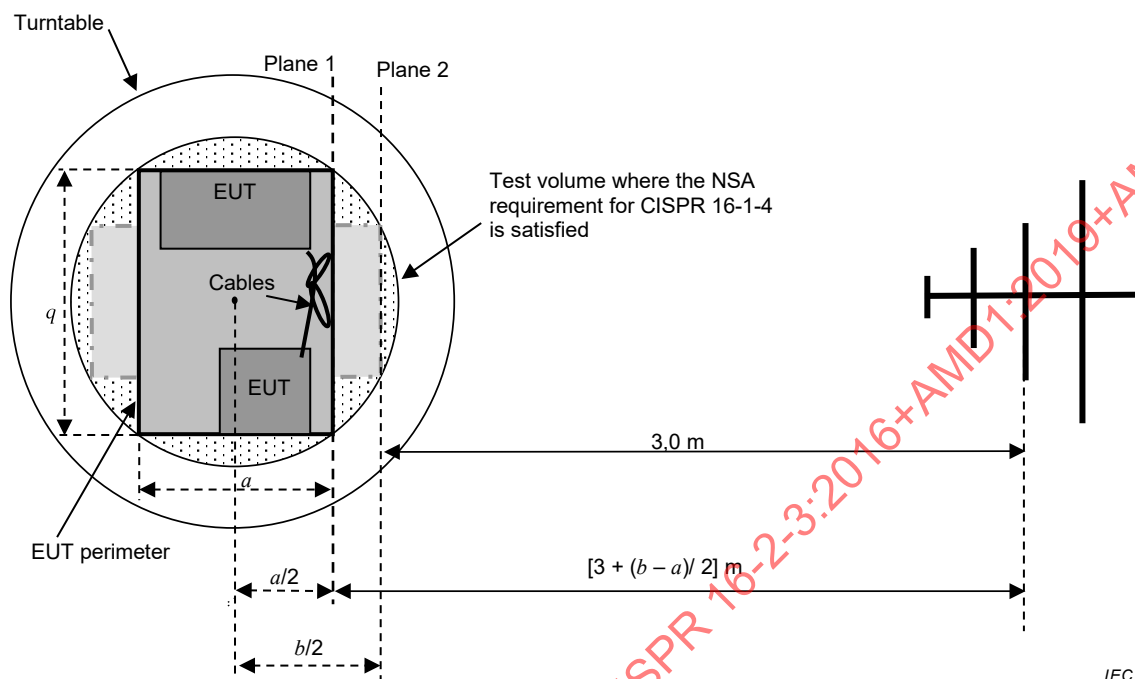


Figure 15 – Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)

7.5.3 Uniform test volume

The uniform test volume is defined by the following conditions.

- The EUT and its auxiliary equipment (AuxEq) (e.g. peripherals and cables) shall fit into a test volume where the site validation requirements of CISPR 16-1-4 are fulfilled. Refer to the site validation procedure for alternative test sites for use in emission measurements of CISPR 16-1-4;
- The EUT and its AuxEq shall fit into a test volume that allows each of the faces of the EUT and its AuxEq to be aligned with the uniform field area according to the requirements of IEC 61000-4-3 and as described in this subclause.

Evaluation of EUTs having unequal or non-symmetric boundaries at two antenna separation distances necessitate uniform field area calibrations according to the requirements of IEC 61000-4-3. In the example shown in Figure 15, this is at the plane with length b along the front face of the EUT (0° azimuth) and the plane with length a along the side face of the EUT (90° azimuth).

To accommodate EUTs with a maximum width of 1,5 m, the uniform field area may be calibrated for the two conditions:

- in a plane orthogonal to the axis of the antenna through the centre of the turntable;
- in a plane orthogonal to the axis of the antenna 0,75 m in front of the centre of the turntable, perpendicular to the measurement axis.

A linear interpolation can be performed to test any EUT whose exposed front is between the two calibrated UFAs. It is presumed that:

- the –0 dB to +6 dB criteria complies at the number of points defined by IEC 61000-4-3 for each of the two surfaces, and
- the average field strengths of the points satisfying the –0 dB to +6 dB criterion in the two UFAs are inversely proportional to the antenna-to-UFA distance when applying a constant forward power to the antenna.

Designate P_{c1} as the forward power (logarithmic scale) for the UFA at the centre of the turntable, evaluated by either the calibration with constant field strength or the calibration method with constant power, and P_{c2} as the corresponding forward power for the UFA at 0,75 m in front of the centre of the turntable. The required forward power to illuminate an EUT surface can be calculated by linear interpolation from P_{c1} and P_{c2} and the corresponding distances (also in logarithmic scale) to the antenna. For other measurement details and descriptions, refer to 6.2 of IEC 61000-4-3:2006 calibration of field.

For EUT perimeter dimensions that differ by 20 % or less of the 3 m separation distance (that is, 0,6 m or less), only a single uniform field area calibration is required at the separation distance corresponding to Plane 1 in Figure 15 (the widest face of the EUT).

NOTE When using the method described in the preceding paragraph, two faces of the EUT will be tested at a higher immunity field-strength level due to their closer distance to the transmitting antenna.

The EUT perimeter, including the connecting cables, shall fit within the test volume where the site validation requirement is satisfied. For the common emission/immunity set-up, the facility shall be calibrated at two vertical planes corresponding to the minimum and maximum dimensions of the EUT perimeter at 0°, 90°, 180° and 270° to the EUT faces. The types of equipment to be tested in the facility may be considered for selection of the two plane locations.

If floor absorbers are used to achieve the field uniformity criterion, these absorbers shall be placed between the transmitting antenna and Plane 2. If only one plane is calibrated (that is, an EUT with a difference of the two boundary dimensions being less than 0,6 m), the floor absorbers, when used, shall be placed between the transmitting antenna and the calibrated plane.

7.5.4 Specifications for EUT set-up in common emissions/immunity test set-up

The tests shall be performed with the equipment configured as closely as possible to its typical, practical operation. Unless stated otherwise, cables and wiring shall be as specified by the manufacturer and the equipment shall be in its housing (or cabinet) with all covers and access panels in place. Any deviation from normal EUT operating conditions shall be included in the test report. The specifications of 7.3.6.3 apply. The EUT (on a non-conductive support structure, where applicable) shall be placed on a remotely operated turntable, as specified in 7.3.6.3, to allow the EUT to be rotated.

The height of the EUT above the ground plane shall be in accordance with the following requirements.

- Tabletop equipment is placed on a non-conductive set-up table with height $0,8 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$, see 7.3.6.3. CISPR 16-1-4 specifies the method to determine the impact of the non-conductive set-up table on test results.
- Floor-standing equipment is placed on a non-conductive support, as specified in the applicable product standard. If there are no EUT height placement requirements in the product standard, the EUT shall be placed on a non-conductive support at a height of 5 cm to 15 cm above the ground plane.

Equipment designed for wall-mounted operation shall be tested as table-top equipment. The orientation of the EUT shall be consistent with that of normal operation (that is, positioned as normally installed).

Interface cables, loads, and devices should be connected to at least one of each type of the interface ports of the EUT and, where practical, each cable shall be terminated in a device typical for its actual use. Where there are multiple interface ports of the same type, a typical number of these devices shall be connected to devices or loads. It is sufficient to connect only one of the loads, provided that it can be shown, for example by preliminary testing, that the connection of further ports would not significantly increase the level of disturbance (that is, more than 2 dB) or significantly degrade the immunity level. The rationale for the configuration and loading of ports shall be documented in the test report.

The number of additional cables should be limited to the condition where the addition of another cable does not decrease the margin by a significant amount (for example, 2 dB) with respect to the limit. In some cases the optimum arrangement of features, loads, interface types, and cables for emissions and immunity tests are different, which may result in the need for some reconfiguration of the EUT within the confines of the uniform EUT arrangement.

The cable layout and termination shall be according to the following requirements.

- The cables shall be oriented so that vertically- and horizontally-polarized radiation fields are not excluded. The cable layout rules and cable lengths defined in the applicable product emission and immunity standards shall be applied. However, in case of conflicting requirements, the layout and maximum cable lengths defined in the product emission standard shall be used. Fulfilling the rules can be accomplished by applying the cable placement rules of the emissions standard and exposing a minimum length of 1 m of cable, with a mix of horizontal or vertical parts, to the electromagnetic field during immunity testing (unless the manufacturer's specifications require shorter cables). Excess cable lengths should be bundled in the approximate centre of the length of the cable to form a bundle 30 cm to 40 cm in length. If no information is provided about cable layout in the product emission standard, the following arrangement is applied.
 - For a table-top EUT (Figure 16 and Figure 17), the cables leaving the uniform test volume (that is, those that connect the EUT to the outside world) shall be exposed to the electromagnetic field according to Figure 16 and Figure 17 for a total length of 1 m ($\pm 0,1$ m), and then extended vertically down towards the floor (with a minimum length of 0,8 m imposed by the EUT table height). Interconnecting cables that hang from the table shall be at a minimum distance of 0,4 m ($\pm 0,04$ m) from the ground plane. If cables that hang closer than 40 cm to the ground plane cannot be shortened to the appropriate length, the excess cable shall be folded back and forth to form a bundle 30 cm to 40 cm long. If the maximum length declared by the manufacturer for certain cables does not allow a one meter horizontal cable layout, including a length to get to the ground plane for table-top products (placed on the 0,8 m height table), the horizontal layout shall depend on the length of cable in excess of 0,8 m. Bundling is not required.
 - For a floor-standing EUT (Figure 18 and Figure 19), cables leaving the uniform test volume shall be arranged with a length of at least 0,3 m run horizontally within the test volume and with a vertical run according to typical, normal use (depending on the height above the floor of the I/O port). Horizontal cables shall be insulated from the ground planes by a minimum height of 10 cm for the entire length of the cable that is intended to be laid out along the floor.

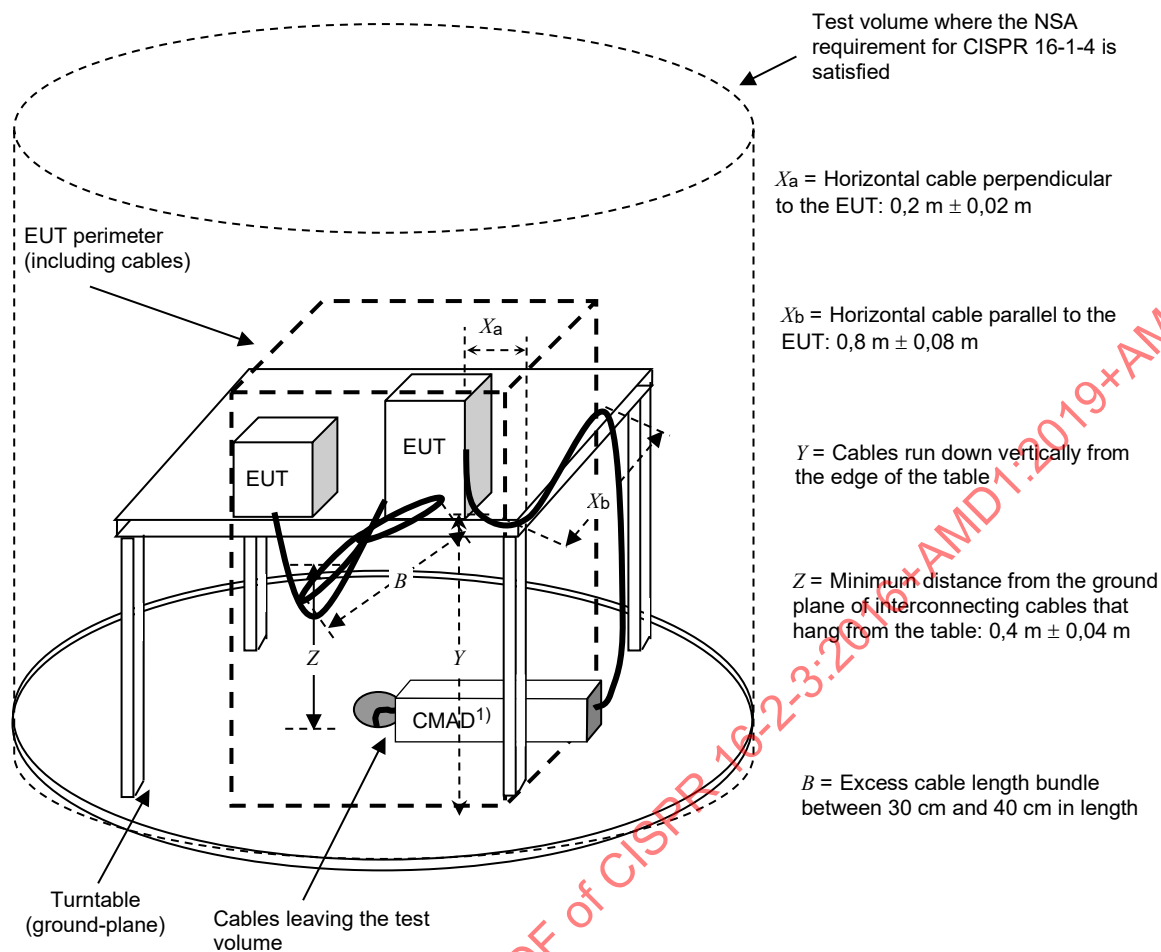
Cabling between enclosures of the EUT shall be treated as follows.

- The manufacturer's specified cabling types and connectors shall be used.
- If the manufacturer's specification requires a cable length of less than or equal to 3 m, then the specified length shall be used. The cables shall be exposed for a length of 1 m ($\pm 0,1$ m) and the excess shall be folded back and forth, forming a bundle 30 cm to 40 cm long, for table-top equipment (see Figure 16 and Figure 17) and approximately 1 m for floor-standing equipment (see Figure 18 and Figure 19).
- If the specified length is greater than 3 m or is not specified, then the illuminated length shall be 1 m. The excess cables shall be extended outside the test volume.

- EUT combinations of table-top equipment and floor-standing equipment shall be arranged according to the set-up of each individual equipment configuration and the interconnecting cables between table-top equipment and floor-standing equipment shall be according to these rules.
- For the cables not terminated into auxiliary equipment, differential- and common-mode terminations should be simulated to represent the auxiliary equipment that would be connected to the cables and represent the required functional impedance.
- Cables not connected to another device may be terminated as follows (see also 7.3.6.3).
 - Coaxial shielded cables shall be terminated with a coaxial termination (usually 50 Ω or 75 Ω).
 - Shielded cables with more than one inner wire should have common- and differential-mode termination according to the EUT manufacturer's specifications. This common-mode termination is to be connected appropriately between the inner wires or their differential-mode termination and cable shield. If no information is available about the common-mode terminations, 150 Ω common-mode terminations should be used.
 - Unshielded cables shall have differential-mode termination according to the manufacturer's specifications.
 - All cables that have been shortened in respect to their maximum lengths declared by the manufacturer and provided with artificial terminations for testing convenience, according to this paragraph, should also be provided with additional 150 Ω common-mode terminations to the test chamber wall or floor.

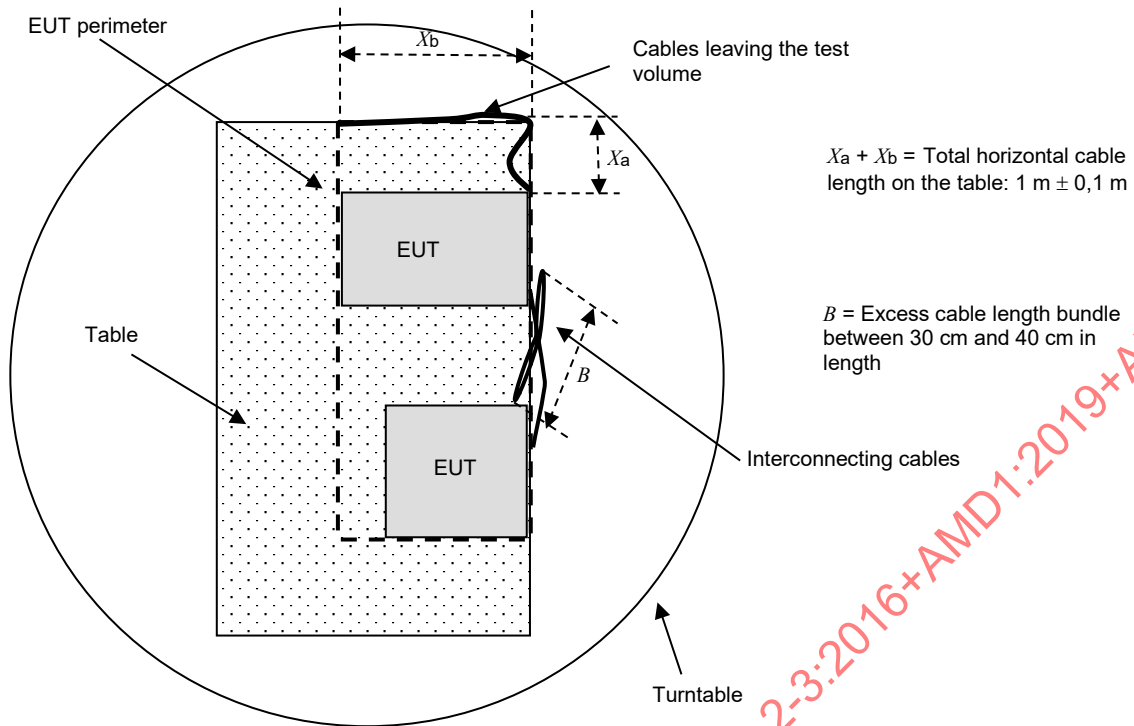
The following items should be considered with 7.3.6.3.

- If the EUT needs associated equipment (AE) to operate properly, special care shall be taken to ensure that the AE does not affect the radiated emissions measurements or the radiated immunity tests. The AE may be located outside the anechoic chamber during testing if proper connecting interfaces are available on the chamber shielding. Measures to prevent RF-leakage into or out of the anechoic chamber through the interconnection cable may be necessary.
- Other methods or equipment used to suppress unwanted emissions from AE shall be located outside the test chamber or beneath the raised floor.
- The test set-up, including cable layout, specifications of attached cables and terminations, use of CMAD(s) on cables leaving the test volume, and other measures taken to suppress emissions from AE outside the test volume, shall be clearly described in the test report.



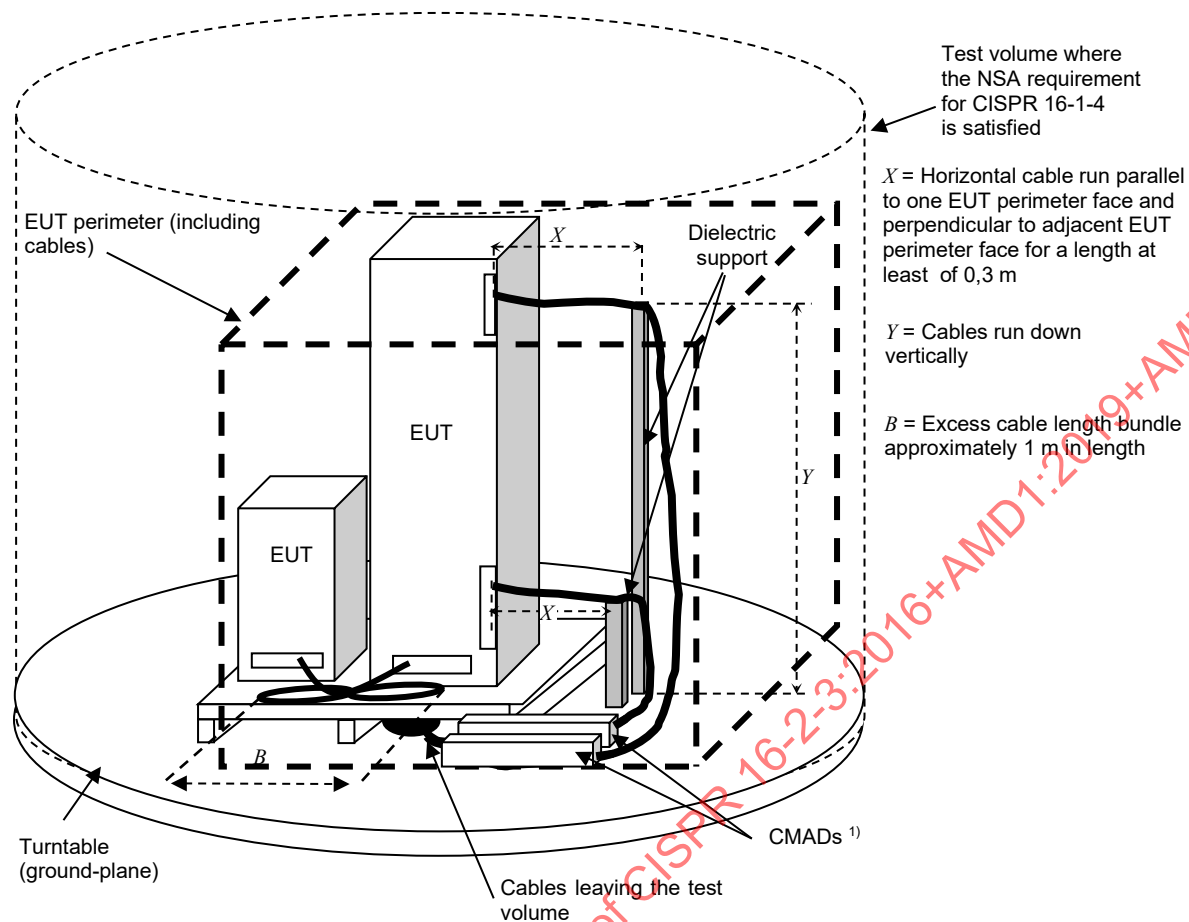
¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4. Their use shall be documented in the test report.

Figure 16 – Test set-up for table-top equipment



IEC

Figure 17 – Test set-up for table-top equipment – Top view

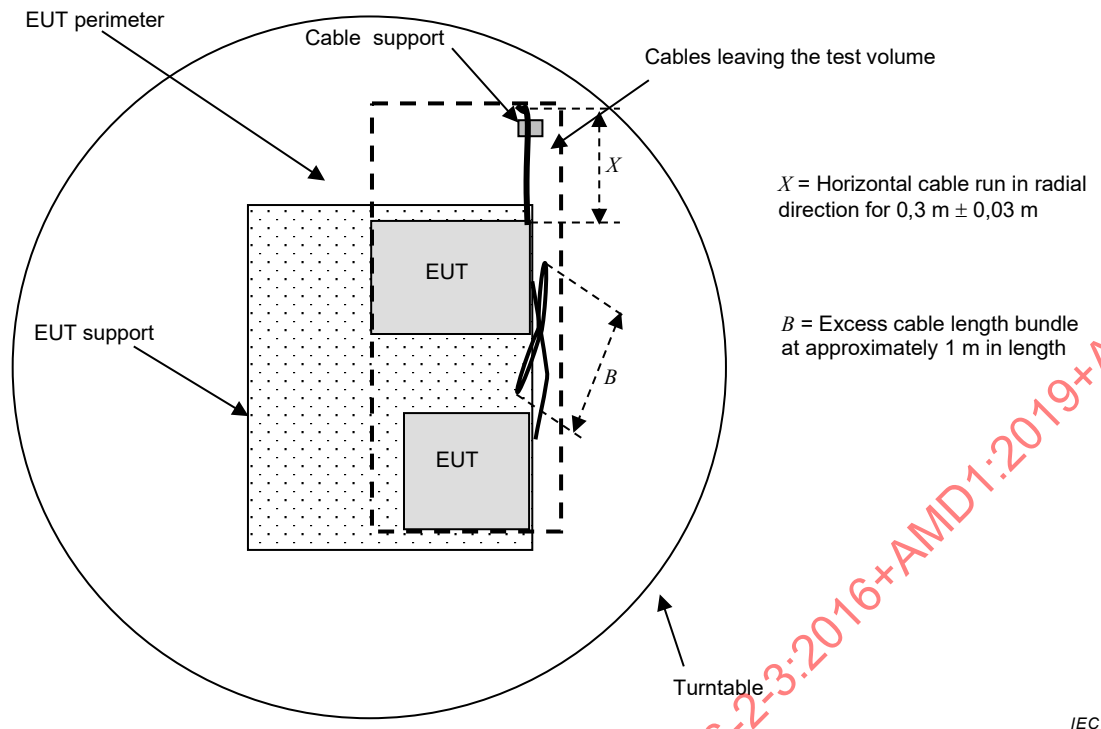


IEC

Note that the bend radius of cables shall not be exceeded to meet the bundled cable length.

¹⁾ CMADs shall comply with the relevant specifications of CISPR 16-1-4; their use shall be documented in the test report.

Figure 18 – Test set-up for floor-standing equipment



Note that the bend radius of cables shall not be exceeded to meet the bundled cable length.

Figure 19 – Test set-up for floor-standing equipment – Top view

7.5.5 Measurement uncertainty for common emission/immunity set-up and method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.6 Fully-anechoic room and absorber-lined OATS/SAC measurements (1 GHz to 18 GHz)

7.6.1 Measurand

The quantity to be measured (measurand) is the maximum electric field strength emitted by the EUT as a function of horizontal and vertical polarization over all angles of the azimuth plane with the receive antenna height at the test volume centre at a preferred horizontal distance of 3 m. This quantity shall be determined with the following provisions:

- the frequency range of interest is 1 GHz to 18 GHz;
- the quantity shall be expressed in terms of field strength units that correspond with the units used to express the limit levels of this quantity;
- the measurements shall be performed at an absorber-lined OATS/SAC or FAR test site, and with a positioning table (if applicable), that complies with the validation requirements in CISPR 16-1-4;
- a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1 shall be used;
- the use of alternative measurement distances shall comply with the criteria in 7.6.2 and Table 12 (antenna beamwidth);
- the measurement distance is the horizontal projection of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point to the floor;
- the EUT is configured and operated in accordance with the CISPR specifications;
- free-space antenna factors shall be used.

In some standards, emission limits above 1 GHz for equipment are expressed in terms of effective radiated power (P_{RE}) in dB(pW). Under free-space far-field conditions, the equation to convert P_{RE} into field strength, in dB(μ V/m), at a 3 m distance is:

$$E_{3m} = P_{RE} + 7,4 \quad (11)$$

For distances d , in m, other than 3 m:

$$E_d = P_{RE} + 7,4 + 20 \lg\left(\frac{3}{d}\right) \quad (12)$$

7.6.2 Measurement distance

The field strength emitted by the EUT is measured at a preferred distance of 3 m. The measurement distance, d , is the horizontal distance between the periphery of the EUT and the receive antenna reference point (see Figure 20). The EUT encompasses all portions of the EUT, including cable racks and support equipment and a minimum cable length of 30 cm.

Other distances may be used in practical situations, i.e.:

- shorter distances in the case of high ambient noise, or to reduce the effect of unwanted reflections; the measurement distance should be greater than or equal to $D^2/(2\lambda)$ so that deviations are not greater than 1 dB, where D is the largest dimension of the radiating source or measurement antenna effective area (at the frequency of interest);
- greater distances for large EUTs to allow the antenna beam to encompass the EUT.

Because dominant components of the EUT disturbance signals may be assumed to be incoherent and radiated from a point source, the minimum distance mentioned above, i.e. $D^2/(2\lambda)$, is to be established using the measuring antenna dimensions, and not the EUT dimensions.

In many cases the largest dimension of the measurement antenna (e.g. DRH or LPDA antenna) does not determine the radiation characteristics. For more realistic values, rather than the largest dimension of the antenna, the measurement antenna effective area, A_e , at the frequency of interest can be used to determine D^2 ($\approx A_e = \lambda^2 G/4\pi$, where G is the isotropic antenna gain) for calculation of the minimum measurement distance.

If measurements are carried out at a distance other than 3 m, the measurement distance shall be greater than or equal to 1 m and less than or equal to 10 m. In such a case, the measurement data is to be adjusted to a 3 m distance, assuming free-space propagation. Users are advised that comparison of measurements at different distances and extrapolation of results typically will not correlate as well as measurements made at the same distance. Standards or specifications that reference this test method should identify a preferred measurement distance.

7.6.3 Set-up and operating conditions of the equipment under test (EUT)

As a general guideline, test set-ups and operating conditions of the EUT shall be the same as those used below 1 GHz. Whenever possible, the test set-up should be representative of the most typical configuration of the EUT (table-top, floor-standing, rack-mounted, wall-mounted, etc.).

The test set-up should also consider that for measurements above 1 GHz absorbers are typically required on the floor between the antenna and EUT. Whenever practical, for emission measurements above 1 GHz the EUT should be raised above the height of the absorbers. If it is not possible to raise the entire EUT above the absorbers (i.e. for rack-mounted or floor-standing equipment), efforts should be made to configure the EUT (within a rack or chassis, for

example) such that the radiating elements are located above the absorbers. The EUT shall be located in the test volume established during site validation, as described in CISPR 16-1-4. If it is not practical and safe to raise the EUT or its radiating elements above the absorber height, the maximum extent of the EUT that is permitted to be located below the highest point of the absorbers is 30 cm (see 7.6.6.1 and Figure 20).

The actual EUT configuration and set-up used shall be documented in the test report with photographs or diagrams clearly showing the location of the EUT with respect to the facility floor or turntable surface, absorber placement on the floor (height and location) and receive antenna location.

7.6.4 Measurement site

The measurement site shall comply with the requirements described in CISPR 16-1-4.

7.6.5 Measurement instrumentation

The measurement instrumentation shall comply with the requirements described in CISPR 16-1-1 and CISPR 16-1-4.

Measurements to verify compliance with a peak limit shall be conducted with a measuring receiver with peak detector using a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined in CISPR 16-1-1.

Measurements to comply with a linear average limit shall be performed using a measuring receiver with linear average detector and a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined in CISPR 16-1-1.

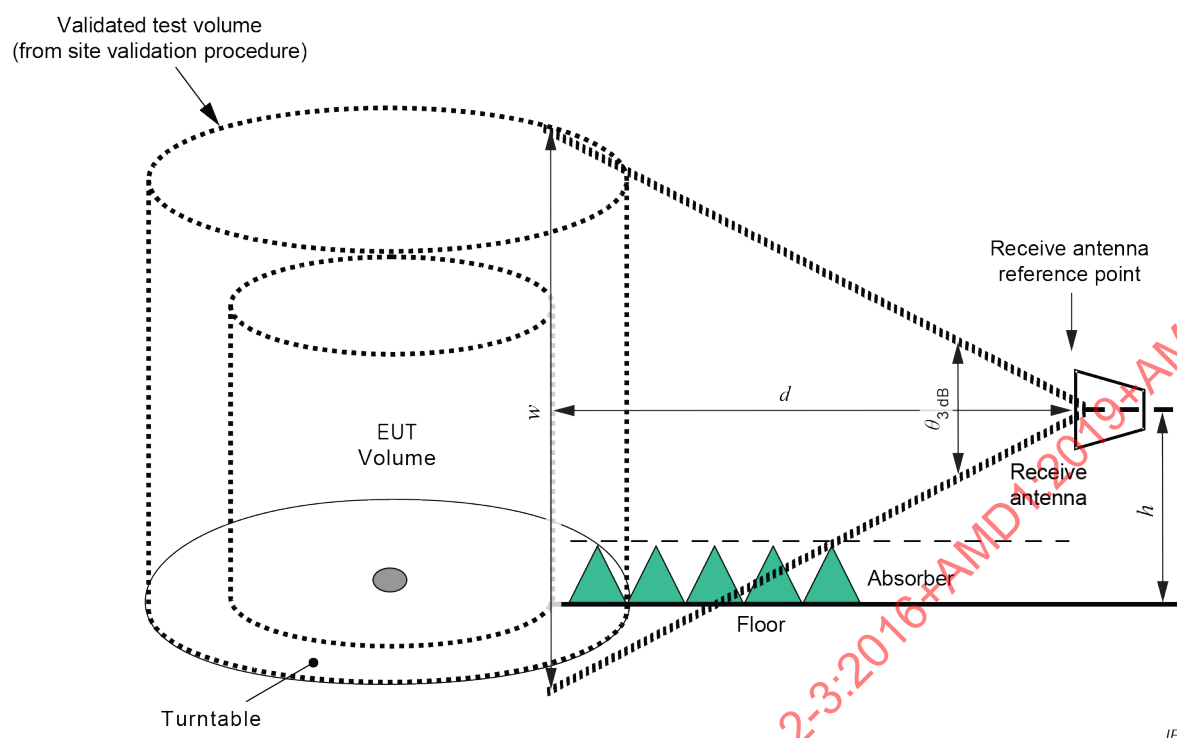
Measurements to comply with a logarithmic average limit shall be performed using a measuring receiver with logarithmic average detector and a measurement bandwidth of 1 MHz (impulse bandwidth) as defined in CISPR 16-1-1.

NOTE A spectrum analyzer can be used to perform average measurements by setting the display mode to linear and the video bandwidth to a value that is lower than the lowest spectrum component of the input signal to be measured. For example, if the input signal has a 1 kHz pulse repetition frequency (PRF), for a video bandwidth less than 1 kHz, only the d.c. component of the signal (i.e. the average value) will pass through the video filter.

7.6.6 Measurement procedure

7.6.6.1 General description of the radiated field-strength measurement method above 1 GHz

The radiated field measurement method above 1 GHz is based on measurement of the maximum electric field emitted from the EUT, with a set-up as shown in Figure 20.



NOTE The anechoic material placed on the ground plane is for illustration purposes only. Consult CISPR 16-1-4 for more detailed guidance about placement of absorber to comply with the site validation requirements.

Figure 20 – Measurement method above 1 GHz, receive antenna in vertical polarization

The following descriptions apply to the parameters and terms given in Figure 20.

- Validated test volume: the volume evaluated during the site validation procedure (see CISPR 16-1-4). Typically, this determines the largest diameter EUT that can be tested in the facility.
- EUT volume: cylinder defined by EUT boundary diameter and height that fully encompasses all portions of the actual EUT, including cable racks and 0,3 m of cable length (as defined in 3.1.33 of this document). The EUT that is located within this cylinder shall be capable of rotating about its centre (typically by a remotely controlled turntable). The EUT shall be located within the validated test volume. A maximum of 30 cm of w (see definition of w below) may be below the height of absorbers on the floor only when the EUT is floor-standing and cannot be raised above the height of the absorbers (see 7.6.3).
- $\theta_{3\text{ dB}}$: Minimum 3 dB beamwidth of the receive antenna at each frequency of interest. $\theta_{3\text{ dB}}$ is the minimum of both the E -plane and H -plane values at each frequency. $\theta_{3\text{ dB}}$ may be obtained from manufacturer-provided data for the receive antenna.
- d : The measurement distance (in meters). This is measured as the horizontal distance between the periphery of the EUT volume and the reference point of the receive antenna.
- w : The dimension of the line tangent to the EUT volume formed by $\theta_{3\text{ dB}}$ at the measurement distance d . Equation (13) shall be used to calculate w for each actual antenna and measurement distance used. The values of w shall be included in the test report. This calculation may be based on the manufacturer-provided receive-antenna beamwidth specifications:

$$w = 2d \tan(0,5 \theta_{3\text{ dB}}) \quad (13)$$

- h : Height of the receive antenna, measured from its reference point to the floor.

The selection of measurement distance d and antenna type shall be made such that w is greater than or equal to the EUT volume height at any field strength measurement frequency. Table 5 gives example values of w calculated using Equation (13) for three antenna types, at measurement distances of 1 m, 3 m, and 10 m.

Table 5 – Example values of w for three antenna types

Frequency GHz	DRG horn				LPDA or LPDA-V ^a			
	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$	$\theta_{3\text{ dB}}$ °	$d = 1\text{ m}$	$d = 3\text{ m}$	$d = 10\text{ m}$
		w m	w m	w m		w m	w m	w m
1,00	60	1,15	3,46	11,55	60	1,15	3,46	11,55
2,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
4,00	35	0,63	1,89	6,31	55	1,04	3,12	10,41
6,00	27	0,48	1,44	4,80	55	1,04	3,12	10,41
8,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
10,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
12,00	25	0,44	1,33	4,43	50	0,93	2,80	9,33
14,00	25	0,44	1,33	4,43	45	0,83	2,49	8,28
16,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28
18,00	5	0,09	0,26	0,87	40	0,73	2,18	7,28

^a LPDA-V: V-type log periodic dipole array. The values shown for $\theta_{3\text{ dB}}$ and w are typical of both the LPDA and LPDA-V. However, these antennas typically have different gains.

NOTE Due to the EUT radiation pattern in the vertical direction, the measurement result can vary with antenna height. Therefore antenna height variation, while keeping the EUT volume within the antenna beamwidth, can improve reproducibility.

Regarding the horizontal extent of w , the width of the EUT volume shall be fully within w .

7.6.6.2 Measurements using conventional (non-statistical) detectors

7.6.6.2.1 General measurement procedure

For any EUT, the frequencies of emission should first be detected by a preliminary emission maximization procedure (see 7.6.6.2.3). Then the final emission test is performed (see 7.6.6.2.4). Both of these measurements are to be made preferably at the specific limit distance. If, for any justified reason, the final measurement is performed at a distance other than the limit distance, a measurement at the limit distance should be made first, to help in interpreting the resulting data.

In performing these measurements, the sensitivity of the measurement equipment relative to the limit shall be determined before the test. If the overall measurement sensitivity is inadequate, low-noise amplifiers, closer measurement distances or higher-gain antennas may be used. If closer measurement distances or higher gain antennas are used, the beam width versus size of the EUT shall be accounted for. Also, measurement system overload levels shall be determined to be adequate when preamplifiers are used.

Burn-out and saturation protection for the measuring instrumentation is required when low-level emissions are to be measured in the presence of a high level signal. A combination of band-pass, band-stop, low-pass and high-pass filters may be used. However, the insertion loss of these or any other devices at the frequencies of measurement shall be known and included in any calculations in the report of measurements.

NOTE A simple method of determining whether non-linear effects (overload, saturation, etc.) occur, consists of inserting a 10 dB attenuator at the input of the measurement instrument (ahead of any pre-amplifier if one is used) and verifying that the amplitude of all the harmonics of the high-amplitude signal (that may cause non-linear effects) is reduced by 10 dB.

7.6.6.2.2 Conditional testing procedure

If the highest internal frequency of the EUT (see 3.1.27) is less than 108 MHz, emissions shall be measured at least up to 1 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is between 108 MHz and 500 MHz, emissions shall be measured at least up to 2 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is between 500 MHz and 1 GHz, emissions shall be measured at least up to 5 GHz.

If the highest internal frequency of the EUT is above 1 GHz, emissions shall be measured up to the lower of 5 times the highest internal frequency or the highest frequency at which the limits are defined.

7.6.6.2.3 Preliminary measurement procedure

The procedures of this subclause are for informative purposes – normative measurement requirements are listed in 7.6.6.2.4. The maximum radiated disturbance for a given mode of operation may be found during a preliminary test. To minimize measurement time, it is suggested to first perform measurements using peak detection, and then compare the test results to the average limit. Subsequent measurements with the average detector and comparison of results to the average limit will only be performed in those frequency ranges where the average limit was exceeded by data collected with peak detection.

Guidelines for a preliminary procedure to identify the radiated disturbance are as follows.

- a) Use scan or sweep mode over the complete frequency range of the antenna using peak detection and maximum-hold mode.
- b) Determine the proper sweep or scan time to ensure adequate signal interception.
- c) If necessary, during preliminary tests, reduce the resolution bandwidth in sweep mode to reduce the displayed noise level of the measuring receiver. Note that this may reduce the amplitude of broadband disturbance, so additional investigations to determine whether the disturbance is broadband or narrowband may be necessary.
- d) Rotate the EUT continuously or in increments of 15° or less, then repeat for the other polarization. The EUT should be rotated 360° in azimuth for both polarizations to determine the maximum disturbance at each frequency of interest.
- e) For continuous turntable rotation mode, set the measuring receiver sweep time such that the selected frequency span can be swept within a time that is equal to or less than the time needed for the turntable to rotate 15°. If the rotational speed of the turntable is such that an angle larger than 15° is covered during a complete sweep or scan of the measuring receiver, a smaller frequency range should be used to reduce measuring receiver sweep time and to achieve the maximum 15° turntable rotation per sweep.
- f) As needed to identify the frequencies corresponding to the maximum disturbance, apply the method described above for the various operating modes of the EUT.
- g) To further evaluate the frequencies found in steps a) to d), use a small frequency span (typically 5 MHz or less) and investigate around frequencies near the limit using additional smaller turntable increments. Typically, all frequencies within approximately 10 dB of the specification limit warrant further investigation with a narrow frequency span and additional finer rotation increments.

7.6.6.2.4 Final measurement procedure

The field strength emitted by the EUT at the given measurement distance is measured using the configuration (antenna height, EUT azimuth, etc.) producing the maximum disturbance, as identified during the preliminary disturbance maximization. Final measurements shall be done using the EUT operational mode identified by preliminary measurements to have the highest disturbance.

This final measurement shall be the result of a maximum hold on the measuring receiver during a given time proportional to the frequency span used. This given time should be defined for each product or product family, taking into account the duration of the operating modes and the time constants associated with each specific product to be tested. Final measurements shall be performed using all required detectors. Alternatively, peak measurement results may be used to demonstrate compliance with all specified limits.

If the configuration of the EUT (antenna height, EUT azimuth, operation mode, etc.) producing the maximum disturbance was not conclusively determined by a preliminary measurement the following additional measurements shall be done:

- a) for any EUT with maximum dimension equal to or smaller than w , the centre of the receiving antenna shall be fixed at the height of the centre of the EUT;
- b) for any EUT volume with maximum vertical dimension larger than w , the measurement distance d shall be increased to 5 m or to 10 m such that the EUT is encompassed by the receive antenna beamwidth. The antenna beamwidth shall be known. The test site shall be validated for the measurement distance applied for final measurements. Free-space far-field propagation shall be assumed, and the measured field strength shall be adjusted to the preferred distance of 3 m using Equation (22).

$$E_{3\text{ m}} = E_d + 20\lg(d/3) \quad (22)$$

where

$E_{3\text{ m}}$ is the field strength in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) at 3 m distance

E_d is the field strength in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) at distance d

and the factor 3 in the denominator of the $\lg$ argument is the 3 m reference distance.

- c) in all cases, in order to find the maximum disturbance, the EUT shall be rotated in azimuth through all angles in the range of 0° to 360° , and the measurements shall be performed for both horizontal and vertical polarizations.

In summary, the requirements for final measurements above 1 GHz are as follows.

The maximum disturbance shall be recorded from the following required investigations, some of which may be performed during the preliminary measurement procedure:

- 1) the EUT shall be rotated in azimuth through all angles from 0° to 360° either by a turntable or movement of the receive antenna around the volume;

If a preliminary measurement was performed with azimuth steps of $1^\circ < a \leq 15^\circ$, the final measurement shall include an azimuth search continuous through all angles of at least $\pm a$ around the azimuth angle found in the preliminary measurement, where a is the azimuth angle.

- 2) the measurement distance shall be increased if the EUT volume (diameter and height) is larger than w at the preferred distance.
- 3) both horizontal and vertical polarizations shall be investigated.

7.6.6.3 Measurements using APD (statistical) function

7.6.6.3.1 General

The measurement of the amplitude probability distribution (APD) of a disturbance signal provides a statistical characterization of the disturbance signal in question. Background material on the application of the APD-measuring function is provided in 4.7 of CISPR TR 16-3:2014 [2]. A product committee may choose the APD measurement as the method to be used for final emission testing. The APD measurement shall be made at those frequencies where the EUT generates high disturbance field strengths. The number and selection method of frequencies shall be established by a product committee.

The APD measurement shall be made using one of the following two methods. The first method is for measurement of the disturbance level E_{meas} in dB($\mu\text{V/m}$) related to the specified probability of time p_{limit} , designated as Method 1 (see 7.6.6.3.2). The second method is the measurement of the probability of time p_{meas} during which the disturbance envelope exceeds a specified level E_{limit} in dB($\mu\text{V/m}$), designated as Method 2 (see 7.6.6.3.3). Additional information and figures are given in Annex D to show the specifics of the two APD measurement methods.

If a product committee decides to use the APD approach, either Method 1 or Method 2 shall be selected. If the APD measuring instrument does not include an A/D converter, only Method 2 shall be used. If the APD measuring instrument includes an A/D converter, either Method 1 or Method 2 may be used.

The number of pairs of limits (E_{limit} , p_{limit}) and their values shall be specified by the product committee. The product committee shall also decide whether to also use a peak limit together with the APD limits.

7.6.6.3.2 Method 1 – Measurement of the level of disturbance

The measurement shall be performed using the following procedure.

- 1) Set the resolution bandwidth (RBW) and the video bandwidth (VBW) of the spectrum analyzer according to CISPR 16-1-1 (for measurements above 1 GHz).
- 2) Find the frequencies at which high disturbances are observed. This can be accomplished by using the maximum hold function in the frequency span of interest. Peak detection shall be used when applying this procedure.

NOTE In cases where narrowband emissions are hidden by broadband emissions, the maximum hold mode in combination with the peak detector may overlook narrowband emissions. Therefore, an additional measurement may be needed to find the frequencies of the narrowband emissions to be measured. The product committee may require additional sweeps using the average detector or digital video averaging. Furthermore, the number of frequencies for the APD measurement may also be specified by the product committee.

- 3) Determine the frequencies for the APD measurement. The number of the frequencies shall be specified by the product committee.
- 4) Set the centre frequency of the spectrum analyzer to the frequency at which the highest level is observed during the application of step 2) of this procedure.
- 5) Set the reference level of the spectrum analyzer to minimum 5 dB above the maximum level of disturbance that is obtained in step 2).
- 6) Set the spectrum analyzer to the zero frequency span mode and measure the APD of disturbance during the measurement time that is specified by the product committee. The measurement time shall be longer than the period of the disturbance.

In case of fluctuating disturbance frequencies, the product committee shall specify the frequency range XX (in MHz) in which the APDs of the disturbance shall be measured. APDs within the range XX MHz shall be measured with a 1 MHz frequency step size. However, for frequency ranges with APD measurement values that are greater than -6 dB from the APD limit, additional measurements may be needed with a smaller frequency step size (e.g. 0,5 MHz). The product committee shall define the smaller frequency step size.

- 7 Change the centre frequency of the spectrum analyzer to the next frequency determined in step 2), then repeat the procedures of steps 4) to 6) until the APD measurements for all frequencies are carried out.
- 8) Read the disturbance level E_{meas} in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) related to the specified probability p_{limit} from the results of step 6).
- 9) Compare E_{meas} dB($\mu\text{V}/\text{m}$) against the limit E_{limit} dB($\mu\text{V}/\text{m}$). The EUT complies if E_{meas} is less than or equal to E_{limit} at all frequencies.

7.6.6.3.3 Method 2 – Measurement of the probability of time

The measurement shall be performed using the following procedure.

Steps 1), 2), 3), 4), 5) and 7) of Method 2 are the same as the corresponding steps of Method 1 (7.6.6.3.2).

For Method 2, modify step 6), step 8), and step 9) of Method 1 as follows:

- 6) Set the spectrum analyzer to the zero frequency span mode and measure the APD (or measure the probability p_{meas} related to the specified levels directly) of the disturbance during the measurement time that is to be specified by the product committee.
- 8) Read the probabilities p_{meas} during which the disturbance envelope exceeds a specified level E_{limit} in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) from the results of step 6).
- 9) Compare p_{meas} against the limits p_{limit} . The EUT complies if p_{meas} is less than or equal to p_{limit} at all frequencies.

7.6.7 Measurement uncertainty for FAR

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.7 *In situ* measurements (9 kHz to 18 GHz)

7.7.1 Applicability of and preparation for *in situ* measurements

In situ measurements may be necessary for the investigation of an interference problem at a particular location, i.e. where electrical equipment is suspected of causing interference to radio reception in its vicinity. Where allowed by the relevant product standard, *in situ* measurements may be made for the evaluation of compliance, if it is not possible for technical reasons to make radiated emission measurements on a standard test site. Technical reasons for *in situ* measurements are excessive size and/or weight of the EUT or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. *In situ* measurement results of an EUT type will normally deviate from site-to-site or from results obtained on a standard test site and can therefore not be used for type testing.

NOTE In general, however, due to imperfections such as mutual coupling between the conductive structures present in the *in situ* environment, which may also be more or less corrupted by ambient electromagnetic fields, and the measuring antenna/equipment under test, *in situ* measurements cannot fully replace measurements on a suitable test site (open-area test site or alternative test site, for example (semi-) anechoic chamber) as specified in CISPR 16-1-4.

The EUT usually consists of one or more devices and/or systems, is part of an installation, or is interconnected with an installation. A perimeter connecting the outer parts of the EUT is usually taken as the reference point to determine the measurement distance. In some product standards, the exterior walls or boundaries of business parks or industrial areas are taken as the reference points.

Preliminary measurements shall be made to identify the frequency and amplitude of the disturbance field strengths amongst the ambient signals taking into account the potential sources of interference (for example, oscillators) in the EUT. For these measurements the use of a spectrum analyzer is recommended in place of a receiver because a large frequency spectrum can be analysed. For the identification of the frequency and amplitude of the disturbance signals the use of a current probe on the connected cables, or near-field probes or the measurement antennas placed closer to the EUT, is recommended.

Measurements shall also be made on selected frequencies to determine, where possible, the modes of operation in which the EUT generates the highest disturbance field strengths. The subsequent measurements shall be made with the EUT in these modes of operation.

Where the EUT is a piece of equipment for which the operating mode cannot be switched independently of the operation of other equipment, the selection of conditions producing the highest disturbances may be infeasible. For some equipment and operating modes, these conditions may be dependent on time, particularly if operations are cyclic. In such cases, the period of observation should be chosen to approach the conditions producing the highest disturbances.

Measurements shall be made around the EUT at approximately the same measurement distance on each of the selected frequencies to determine the direction of the highest disturbance field strength. The EUT should be tested in at least three different directions. The final disturbance field-strength measurements on each frequency shall be made in the directions of the highest disturbance field strengths, which may vary from frequency to frequency, taking into account the local (ambient) conditions. The highest disturbance field strengths shall be measured with the antenna in vertical and horizontal polarization. If the ratio of the measured disturbance field strength to any ambient emission is lower than 6 dB, the measurement methods described in Annex A can be used.

7.7.2 Field-strength measurements *in situ* in the frequency range 9 kHz to 30 MHz

7.7.2.1 Measurement method

The magnetic disturbance field strength shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength.

The horizontally-polarized disturbance field strength shall be measured at the standard measurement distance d_{limit} using a loop antenna as described in 4.3.2 of CISPR 16-1-4:2019 at a height of 1 m (between the ground and lowest part of the antenna). The maximum disturbance field strength shall be determined by rotating the antenna.

For the measurement of the maximum disturbance field strength along radial lines arranged in any direction, the antenna should be oriented in three orthogonal directions, and the measured field strength is calculated by

$$E_{\text{sum}} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

In cases where limits are given for the E -field equivalent but the measured field strengths are the magnetic components, the H field strength can be converted to the corresponding E field strength using the free space impedance of $377 \, \Omega$ by multiplying the H field reading by 377. The H field in this case is given by

$$H_{\text{sum}} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$$

This H field value can be used directly in cases where limits are directly given for the magnetic field strength.

If the antenna cannot be oriented in three orthogonal directions, it can be turned by hand in the direction of maximum reading for the measurement of the maximum disturbance field strength.

7.7.2.2 Measurement distances other than the standard distance

If it is not possible to adhere to the standard distance d_{limit} , as specified in the product or generic standard, the measurements should be made at distances either less or greater than the standard measuring distance in the direction of the maximum radiation. At least three measurements at different measuring distances less or greater than the standard measuring distance shall be used, if it is not possible to use the standard distance.

The measurement results (in decibels) shall be plotted as a function of the measurement distance on a logarithmic scale. One line shall be drawn to join up the measurement results. This line represents the decrease in the field strength and can be used to determine the disturbance field strength at distances other than the measurement distance, for example, at the standard distance.

7.7.3 Field-strength measurements *in situ* in the frequency range above 30 MHz

7.7.3.1 Measurement method

The disturbance electric field strength shall be measured in the direction of maximum radiation at the standard distance with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. The maximum horizontally- and vertically-polarized disturbance field strengths shall be measured using broadband antennas with, as far as practicable, a variable height of 1 m to 4 m. The highest value shall be taken as the measured value.

It is recommended that biconical antennas be used for measurements in the frequency range up to 200 MHz, and log-periodic antennas for measurements in the frequency range above 200 MHz. The distance between the measuring antenna and any nearby metallic elements (including cables) should be greater than 2 m.

7.7.3.2 Measurement distances other than the standard distance

The standard measurement distance d_{std} is specified in the product or generic standard. If it is not possible to adhere to the standard measurement distance, the disturbance field strength shall be measured in different measuring distances as described in 7.7.2.2. A height scan of the antenna shall be used for each measurement. The disturbance field strength at the standard distance d_{std} shall be determined according to 7.7.2.2 by plotting the measured field strength as a function of the measurement distance on a logarithmic scale.

If it is not possible to measure at varying distances, and the measurement distance refers to the outer wall of a building or the border of the premises, the measurement results shall be converted to the standard distance using Equation (14).

$$E_{\text{std}} = E_{\text{meas}} + 20 n \lg \frac{d_{\text{meas}}}{d_{\text{std}}} \quad (14)$$

where

- E_{std} is the field strength at the standard distance in dB(μV/m) for comparison with the emission limit;
- E_{meas} is the field strength at the measurement distance in dB(μV/m);
- d_{meas} is the measurement distance in metres;
- d_{std} is the standard distance in metres.

The factor n depends on the distance d_{meas} as follows:

- if $30 \text{ m} \leq d_{\text{meas}}$, $n = 1$;
- if $10 \text{ m} \leq d_{\text{meas}} < 30 \text{ m}$, $n = 0,8$;
- if $3 \text{ m} \leq d_{\text{meas}} < 10 \text{ m}$, $n = 0,6$.

NOTE $n < 1$ accommodates the difference between the measuring distance and the distance to the EUT.

Measurement distances closer than 3 m shall not be used.

If it is not possible to measure at varying distances, and Equation (14) is not used because the measurement distance does not refer to the outer wall of a building or boundary of premises, the field strength should be determined by measurement of the radiated disturbance power (see 7.7.4).

7.7.4 *In situ* measurement of the disturbance effective radiated power using the substitution method

7.7.4.1 General measurement condition

The substitution method can be used without additional conditions if, and only if, the EUT can be switched off and if the EUT can be removed for the substitution.

If the EUT cannot be removed, and if its front face is a large plane surface, the effect of this face on the substitution shall be accounted for (see Equation (14)). If the front surface of the EUT does not fit into a two-dimensional plane in the measurement direction, the additional measurement uncertainty is not considered.

If the EUT cannot be switched off, it is still possible to use the substitution method to measure the radiated power of a disturbance from the EUT at a particular frequency, by using a nearby frequency at which the field strength of the disturbance from the EUT is at least 20 dB below that of the frequency of interest ("nearby" means within one or two receiver IF-bandwidths). The frequency selected should, where possible, be chosen with regard to possible interference to radio services.

7.7.4.2 Frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz

7.7.4.2.1 Measurement distance

The measurement distance chosen shall be such that the measurement is made in the far field. This requirement is generally met, if:

- d is greater than $\lambda/(2\pi)$ and
- $d \geq D^2/2\lambda$ (15)

where

- d is the measurement distance in m;
- D is the maximum dimension of the EUT with cabling in m;
- λ is the wavelength in m;

or if measurement distance d is equal to or greater than 30 m. In the far field, the exponent n in Equation (14) may be assumed to be one (1). If a shorter measurement distance is chosen, this assumption can be validated by using the procedure of 7.7.3.2 to verify that the field strength falls off inversely with distance. If the local conditions require that a shorter measurement distance be chosen, this shall be indicated.

7.7.4.2.2 Measurement method

The effective radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. The measurement distance shall be chosen according to 7.7.4.2.1 and the highest disturbance field strength on the selected frequency determined by varying the antenna height at least in the range of 1 m to 4 m as far as practicable.

For measurement of the effective radiated disturbance power, the following steps a) to g) shall be used.

- a) The EUT shall be disconnected and removed. A half-wave dipole or antenna with similar radiation characteristics and known gain G , relative to a half-wave dipole is substituted in its place. If it is impractical to remove the EUT, a half-wave or broadband dipole (in the frequency range lower than about 150 MHz to minimize mutual coupling to the EUT) is positioned in the vicinity of the EUT. The vicinity is a range up to 3 m.
- b) The half-wave (or broadband) dipole shall then be fed by a signal generator operating on the same frequency.
- c) The position and polarization of the half-wave dipole (or broadband antenna) shall be such that the measuring receiver receives the highest field strength. If the EUT is not removed, then, if possible, it shall be switched off and the dipole is moved in a range up to 3 m around the EUT.
- d) The power of the signal generated shall be varied until the measuring receiver shows the same reading as when the highest disturbance field strength from the EUT was measured.
- e) If the EUT constitutes the front of a large plane surface (e.g. a building with a cable-TV network), the substitution antenna (half-wave dipole) is positioned about 1 m in front of the large plane surface (e.g. the front wall of a building). The location of the substitution measurement shall be selected such that an imaginary line between the substitution antenna and the measuring antenna is perpendicular to the direction of the face of the building.
- f) The height, polarization and distance between the half-wave dipole (or broadband antenna) and the plane surface shall be varied such that the receiver displays the highest field-strength reading.
- g) The power of the signal generator shall be varied as in d).

For removed EUTs, and EUTs that cannot be removed (see steps a) and c), respectively), the power at the signal generator, P_g , plus the gain of the transmit antenna relative to a half-wave dipole, G , yields the effective radiated disturbance power, P_r , to be measured:

$$P_r = P_g + G \quad (16)$$

For EUTs having a large plane surface (e.g. buildings with telecommunication networks), the increase in gain of the dipole positioned in front of this surface is given by:

$$P_r = P_g + G + 4 \text{ dB} \quad (17)$$

where

P_r is in dB(pW);

P_g is in dB(pW); and

G is in dB.

The effective radiated disturbance power can be used to calculate the disturbance field strength at the standard measurement distance d_{std} . The free-space field strength E_{free} shall be calculated using the following equation:

$$E_{\text{free}} = \frac{7\sqrt{P_r}}{d_{\text{std}}} \quad (18)$$

where

E_{free} is in $\mu\text{V/m}$;

P_r is in pW and

d_{std} is in m.

If the calculated free-space field strength of Equation (21) is compared with limits of disturbance field strength measured at a standard test site, it shall be considered that the amplitude field strength measured at a standard test site is approximately 6 dB higher than the free-space field strength of Equation (21), due to the reflections from the ground plane. Equation (21) can be modified to take into account this difference. The disturbance field strength at the standard distance E_{std} can therefore be calculated, for the vertical polarization case, using the following equation:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 22,9 \quad (19)$$

For horizontal polarization below 160 MHz the maximum field strength is not measured at standard test sites. Therefore the 6 dB factor shall be corrected using the following equation, for which Table 6 shows several calculated values:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \lg d_{\text{std}} + 16,9 + (6 - c_c) \quad (20)$$

where

E_{std} is in $\text{dB}(\mu\text{V/m})$;

f is the measuring frequency;

d_{std} is in m; and

c_c is the correction factor for horizontal polarization. This was determined assuming a radiation source at 1 m in height.

This method for determining the disturbance field strength can be used mainly when there are obstacles between the measuring antenna and the EUT.

Table 6 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency

f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

7.7.4.3 Frequency range of 1 GHz to 18 GHz

7.7.4.3.1 Measurement distance

The measurement distance chosen shall be such that the measurement is made in the far field. The far-field condition shall be verified by measuring the radiated disturbance power with a double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna as a function of distance. The requirement is met if the measurement distance is equal to, or greater than, the transition distance. The transition distance is marked by the transition point that shall be determined as shown in Figure 22. The measurement results shall be plotted and two parallel lines separated

by 5 dB drawn to enclose as many of the measurement results; the transition point is the point where the lines intersect and after which the radiated power decreases by 20 dB/decade.

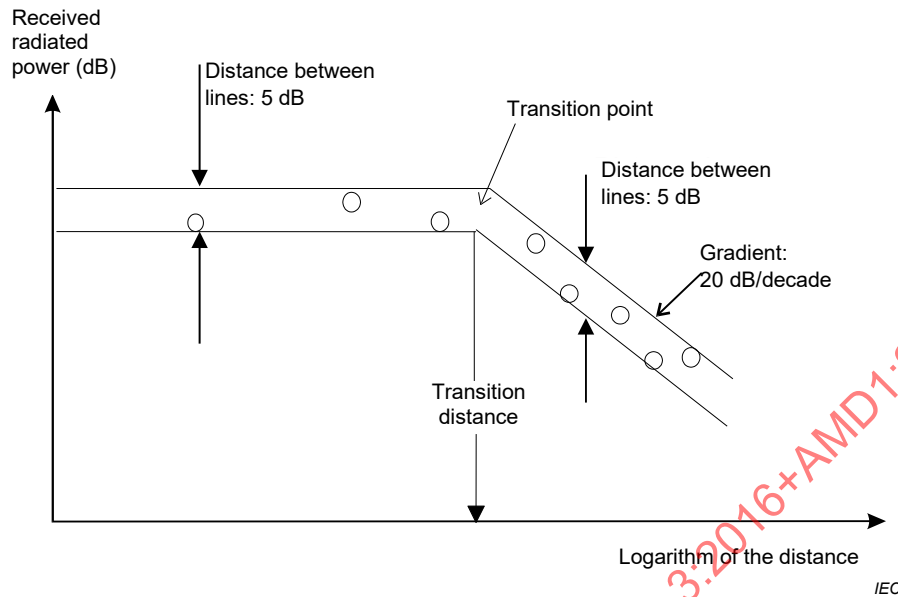


Figure 22 – Determination of the transition distance

7.7.4.3.2 Measurement method

The radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. A double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna shall be used to determine the direction of maximum radiation. The measurement distance shall then be chosen according to 7.7.4.2.1 and the disturbance field strength on the selected frequency is measured. The antenna position shall be varied slightly to ensure that the measured field strength is not at a local minimum (for example, due to reflections).

For measurement of the radiated disturbance power, the EUT shall be disconnected and a double-ridged horn or log-periodic antenna positioned either in the immediate vicinity of the EUT or in its place. The antenna shall then be fed by a signal generator operating at the same frequency. The orientation of the antenna shall be such that the test receiver receives the highest field strength. This antenna position shall be fixed. The power of the signal generated shall be varied until the test receiver receives the same power as that generated by the EUT. The power at the signal generator P_g plus the gain G of the transmitting antenna relative to a half-wave dipole yields the required radiated disturbance power P_r :

$$P_r = P_g + G \quad (21)$$

where

P_r is in dB(pW);
 P_g is in dB(pW) and
 G is in dB.

7.7.5 Documentation of the measurement results

The particular circumstances and conditions of the *in situ* measurements should be documented to enable the operational conditions to be reproduced if the measurements are repeated. The documentation should include

- reasons for the *in situ* measurement instead of using a standard test site,
 - description of the EUT,
 - technical documentation,
 - scale drawings of the measurement site, showing the points at which measurements were made,
 - description of the measured installation,
 - details of all connections between the measured installation and the EUT: technical data and details of their location/configuration,
 - description of the operating conditions,
 - details of the measuring equipment;
 - measurement results:
 - antenna polarization;
 - measured values: frequency, measured level and disturbance level;
- NOTE The disturbance level is the level referred to the standard measuring distance.
- assessment of the degree of interference (if applicable).

7.7.6 Measurement uncertainty for *in situ* method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.8 Substitution measurements (30 MHz to 18 GHz)

7.8.1 General

The substitution method is intended for measuring radio disturbance radiated from the cabinet, including wiring and circuitry inside the cabinet, of an equipment under test. The EUT may be either a self-contained unit with no port for any connection or have one or several ports for power and other external connections. For future product standards, product committees are invited to use the field-strength measurement method described in 7.6 for 1 GHz to 18 GHz.

7.8.2 Test site

The test site shall be a level area. Indoor sites may be used, but may need special arrangements, especially in the upper part of the frequency range, in order to meet the requirements of stable and non-critical reflections from the surroundings, for example, a corner reflector added to the measuring antenna and an absorbing wall behind the EUT. The suitability of the site shall be determined as follows.

Two horizontal half-wavelength dipoles, designated A and B (see also 7.8.3), shall be placed parallel to each other, at the same height h , with height not less than 1 m above the floor and spaced at the measurement distance d . Dipole B shall be connected to a signal generator and dipole A connected to the input of the measuring receiver. The signal generator shall be tuned to give maximum indication on the measuring receiver and its output adjusted to a convenient level. The site shall be considered suitable for the purpose of measurement at the test frequency if the indication on the measuring receiver does not vary more than $\pm 1,5$ dB when dipole B is moved 100 mm in any direction. The test shall be repeated throughout the frequency range at frequency intervals small enough to ensure that the site is satisfactory for all measurements intended. If an EUT requires that measurements also be made with vertical polarization (see 7.8.4), the suitability test of the site shall be repeated with the two dipoles positioned for vertical polarization.

7.8.3 Test antennas

The test antennas A and B of Figure 23 have been described above as half-wave dipoles. For the frequency range below 1 GHz, this requirement applies primarily to the transmitting antenna B for which the radiated power in the direction of maximum radiation shall be relatable to the power at the terminals of antenna B. The measuring antenna A should also be a half-wave dipole. Its actual sensitivity will be included in the substitution calibration of the test configuration. In the frequency range of 1 GHz to 18 GHz linearly-polarized horn antennas are recommended.

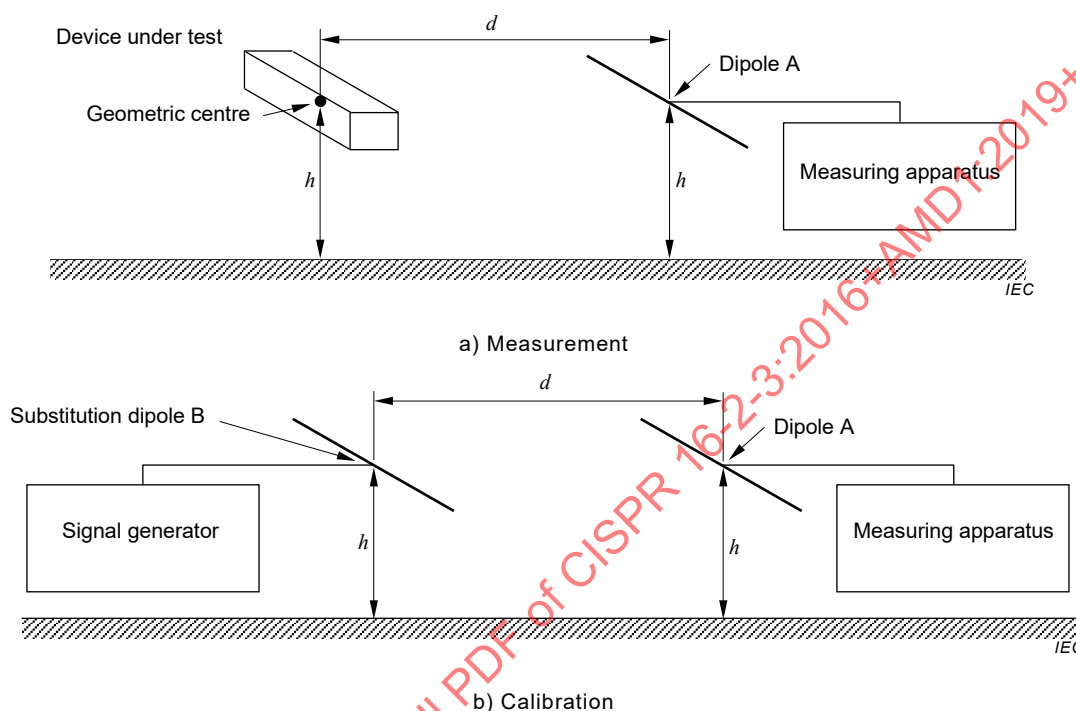


Figure 23 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration

7.8.4 EUT configuration

The EUT shall be placed on a non-conducting table with provision to rotate in the horizontal plane (azimuth). The EUT shall be configured so that the geometric centre of the EUT coincides with the point earlier used as the centre point for dipole B (see Figure 23). If the EUT consists of more than one unit, each unit shall be measured separately. Detachable leads to the EUT should be removed if operation is not affected adversely. Required leads shall be provided with absorbing ferrite rings and be so positioned that they will not influence the measurements. For shielded EUTs, all connectors not used shall be terminated by shielded terminations.

7.8.5 Test procedure

With the EUT arranged as described in 7.8.4, the horizontally polarized measuring dipole A shall be placed in the same position as when checking the test site. The dipole shall be normal to a vertical plane through its centre and that of the EUT. The EUT is first measured in its normal table-standing position and secondly when tilted 90° to stand on a normally vertical side. In each position it shall be rotated 360° in the horizontal plane. The highest reading shall be the characteristic value for the EUT.

The measuring system is calibrated by replacing the EUT with a half-wave dipole B. The centre of this calibrating dipole B shall be placed in the same spot as the geometric centre of the previously measured EUT and parallel with the measurement antenna A, and be connected to a signal generator. The radiated power from the cabinet of the EUT is defined as the power at the terminals of the half-wave dipole B when the signal generator is adjusted to give the same

reading on the measuring receiver as the maximum reading recorded earlier (Y), at each frequency of measurement.

When measurements are made with both horizontally and vertically polarized measuring dipoles, separate calibrations shall be made for the two modes.

7.8.6 Measurement uncertainty for substitution method

General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.9 Reverberation chamber measurements (80 MHz to 18 GHz)

Radiated emission measurements may be performed in reverberation chambers using the methods specified in IEC 61000-4-21 [8]. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.10 TEM waveguide measurements (30 MHz to 18 GHz)

Radiated emission measurements may be performed in TEM waveguides using the methods specified in IEC 61000-4-20. Conditions for the use of alternative test methods are given in CISPR 16-4-5. General and basic considerations about uncertainties of emission measurements are given in CISPR 16-4-1.

7.11 Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (9 kHz to 30 MHz)

7.11.1 Measurand

The quantity to be measured is the maximum magnetic field strength emitted by the EUT, at each of the three orthogonal directions X, Y and Z as shown in Figure 25 and Figure 26 (see 7.11.3), with the reference point of the receive antenna set at 1,3 m above the ground plane, at the horizontal measurement distance from the EUT as specified in the applicable product standard, over all angles in the azimuth plane. This quantity shall be determined with the following provisions:

- a) the frequency range of interest is 9 kHz to 30 MHz;
- b) the quantity shall be expressed in dB(μ A/m);
- c) a SAC/OATS measurement site shall be used that complies with the applicable validation requirements in CISPR 16-1-4;
- d) a measuring receiver compliant with CISPR 16-1-1, and a loop antenna compliant with CISPR 16-1-4, shall be used;
- e) the measurement distance may be 3 m, 5 m, or 10 m, and should be used with the restriction given in Table 10 (see 7.1.2.1);
- f) the measurement distance is the horizontal projection to the ground plane of the distance between the boundary of the EUT and the antenna reference point;
- g) the reference point of the loop antenna shall be the centre of the loop;
- h) the three loop antenna orientations shall be in accordance with the following:
 - X – the plane of the loop antenna is perpendicular to the ground plane and perpendicular to the measurement axis (line connecting the projection of the reference point of the loop antenna to the ground plane with the centre of the turntable);
 - Y – the plane of the loop antenna is perpendicular to the ground plane and coplanar with the measurement axis;
 - Z – the plane of the loop antenna is parallel to the ground plane.
- i) the EUT is configured and operated in accordance with CISPR specifications;

j) magnetic field antenna factors (see 3.1.2.5 in CISPR 16-1-6:2014 [2]) shall be used.

NOTE Some standards allow measurements at 30 m distance; however, this distance is not specified because 30 m test sites are rarely available.

The measurand H is derived from the maximum voltage reading V_r by using the magnetic field antenna factor F_{aH} and Equation (23):

$$H = V_r + A_c + F_{aH} \quad (23)$$

where

- H is the magnetic field strength in dB(μ A/m) as in the measurand description;
- V_r is the maximum received voltage in dB(μ V) as per the provisions in the measurand description;
- A_c is the loss in dB of the cable between the loop antenna and the measuring receiver;
- F_{aH} is the magnetic field antenna factor of the loop antenna in dB($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$).

7.11.2 Test site requirements

The test site shall conform with the specifications for 9 kHz to 30 MHz in CISPR 16-1-4 with regard to its physical and electrical properties, and for its site validation.

7.11.3 General measurement method

The concept of the set-up for radiated disturbance measurements made at an OATS or in a SAC is shown in Figure 25 for table-top EUTs and in Figure 26 for floor-standing EUTs.

The EUT is installed at the specified height above the ground plane and operated normally, in accordance with 6.4. The loop antenna is positioned at the specified measurement distance and height above the ground plane.

The feed point of the loop antenna shall be set as shown in Figure 27. The figure shows two alternative locations of the feed point, either one of which is applicable for the measurement. However, for practical reasons the upper location is preferred for X and Y orientations [24], [25].

For each loop antenna orientation, the EUT is rotated in the horizontal plane to determine the maximum level at each emission frequency.

If the cables have an influence on the measurement result, they should be equipped with ferrite cores. It is recommended that ferrites with a minimum impedance of 50 Ω at 25 MHz are placed on the loop antenna cables every 20 cm along their entire length.

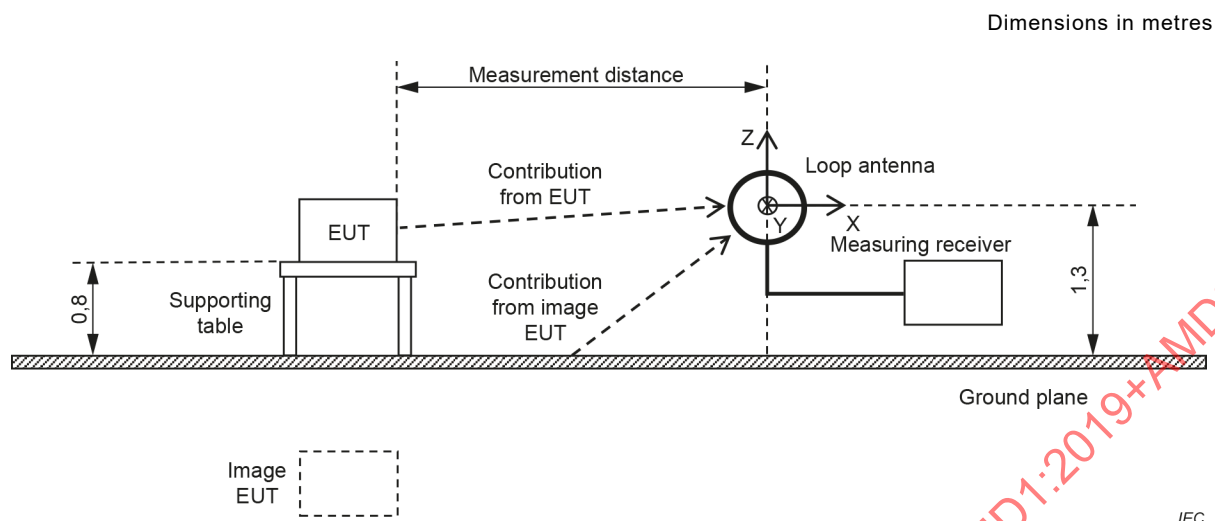


Figure 25 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for table-top EUT

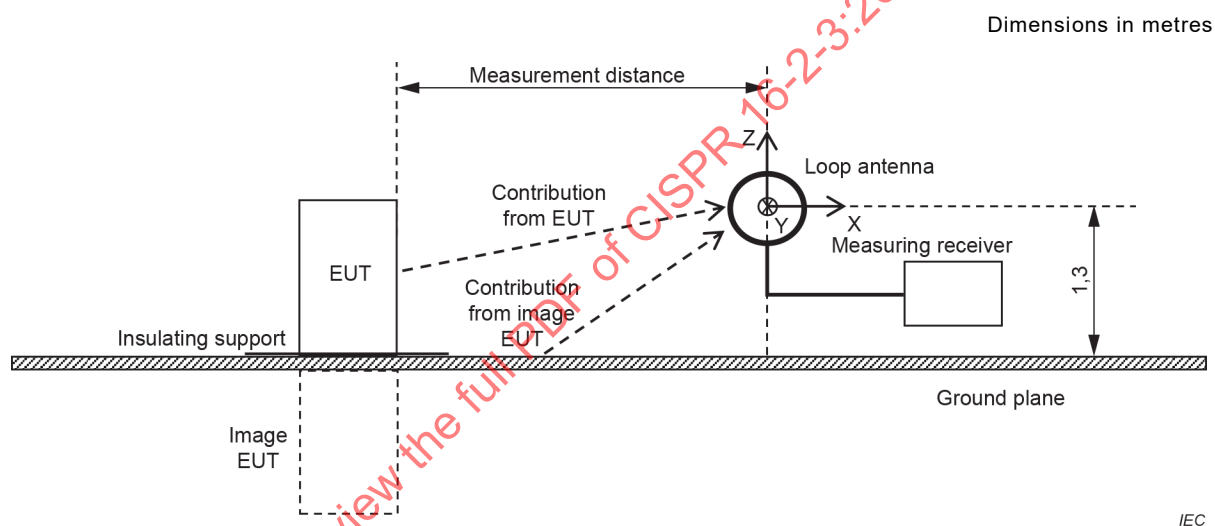


Figure 26 – Concept of magnetic field strength measurement set-up at an OATS or in a SAC for floor-standing EUT

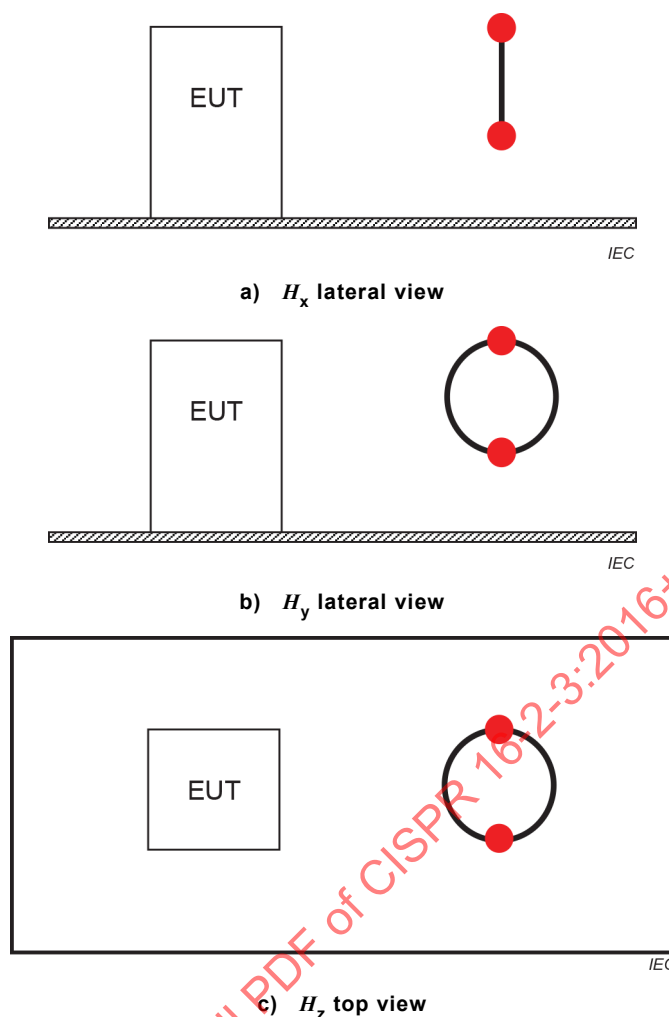


Figure 27 – Feed point location

7.11.4 Measurement distance and EUT dimensions

The measurement distance is the horizontal projection to the ground plane of the distance between the boundary of the EUT (see Figure 8) and the antenna reference point.

If limits are defined at a distance greater than 10 m (e.g. 30 m), the results shall be extrapolated using the procedures specified in the applicable product standard. In case such procedures are not specified in the applicable product standard, the extrapolation procedure in 7.7.2.2 may be used instead. The extrapolation process shall be described in the test report.

NOTE Due to the fact that measurements in this frequency range are always performed in the near field of the radiating source, the extrapolation does not follow the simple inverse distance law.

The EUT dimension should not exceed the maximum EUT volume in Table 10 (see 7.1.2.1).

7.11.5 Antenna height

For magnetic field strength measurements, the reference point of the loop antenna shall be set at a height of 1,3 m above the ground plane. This height applies for all antenna orientations X, Y, and Z.

7.11.6 Product standard specification details

7.11.6.1 General

In addition to specifying the detailed measurement method and the disturbance parameters to be measured, product standards shall include other relevant details as outlined in the following subclauses.

7.11.6.2 Test environment

The influence of the test environment shall be considered so as to ensure correct functioning of the EUT. Important parameters in the physical environment shall be specified, e.g. temperature and humidity.

The electromagnetic environment needs special consideration to ensure accurate disturbance measurements. The ambient radio noise levels measured at the test site with the EUT de-energized should be at least 6 dB below the limit. It is recognized that this margin cannot always be realized at all frequencies. However, when the measured levels of ambient radio noise plus EUT emissions are not above the limit, the EUT shall be considered to be in compliance with the limit. See 6.2.2 and Annex A for further guidance about ambient levels and resulting measurement errors.

If the ambient field strength level at frequencies within the specified measurement ranges exceeds the limit(s), the following alternatives may be used:

- a) Perform measurements at a closer distance (either 3 m or 5 m instead of 10 m; or 3 m instead of 5 m) and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. The extrapolation formula shall be as recommended by the applicable product standard or it shall be verified by measurements at no less than three different distances. This alternative does not apply if the specified measurement distance is 3 m;
- b) Compare the amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation with the amplitude of the disturbance of a related or unrelated nearby frequency, in an alternative shielded room or absorber-lined shielded room which does not need to be a COMTS. The amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation can be estimated by measuring the amplitude of the adjacent frequency disturbance and making a comparison;
- c) Use a narrower measuring receiver bandwidth for narrowband disturbances from the EUT occurring near an RF ambient when both are within the standard bandwidth, see A.4.

7.11.6.3 EUT operating conditions and arrangement

The EUT operating conditions and arrangement are detailed in 6.4.

For table-top EUTs the table height shall be 0,8 m. Floor-standing EUTs shall be separated from metallic contact with the ground plane by up to 15 cm of insulation.

7.11.7 Measurement uncertainty for OATS and SAC

General and basic considerations about uncertainties in standardized EMC tests are given in CISPR 16-4-1. Measurement instrumentation uncertainty aspects specific to results of radiated disturbance measurements at an OATS or in a SAC in the frequency range 9 kHz to 30 MHz are given in CISPR 16-4-2.

7.11.8 Field strength measurements at other sites

For practical reasons, test sites similar to an OATS but without any metal ground plane may be prescribed for some products, e.g. ISM equipment and motor vehicles. For open-field test sites (OTS), the reference point of the receive antenna is set 1,3 m above the surface. The other provisions given in 7.11.1 (except for bullet c), feed point location in 7.11.3, and 7.11.4 through 7.11.6, shall remain applicable.

8 Automated measurement of emissions

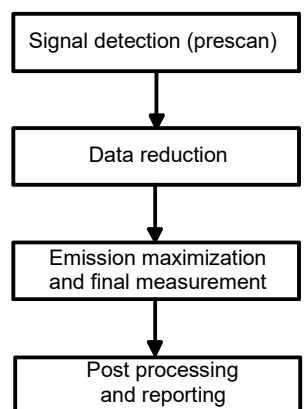
8.1 Introduction – Precautions for automated measurements

Much of the tedium of making repeated EMI measurements can be removed by automation. Operator errors in reading and recording measurement values are minimized. By using a computer to collect data, however, new forms of error can be introduced that may have been detected by an operator. Automated testing can lead, in some situations, to greater measurement uncertainty in the collected data than manual measurements performed by a skilled operator. Fundamentally, there is no difference in the accuracy with which an emission value is measured whether manually or under software control. In both cases, the measurement uncertainty is based on the accuracy specifications of the equipment used in the test set-up. Difficulties may arise, however, when the present measurement situation is different from the scenarios the software was configured for.

For example, an EUT emission adjacent in frequency to a high level ambient signal may not be measured accurately, if the ambient signal is present during the time of the automated test. A knowledgeable tester, however, is more likely to distinguish between the actual interference and the ambient signal; therefore the method for measuring the EUT emission can be adapted as required. However, valuable test time can be saved by performing ambient scans prior to the actual emission measurement with the EUT turned off to record ambient signals present on the OATS. In this case the software may be able to warn the operator of the potential presence of ambient signals at certain frequencies by applying appropriate signal identification algorithms. Operator interaction is recommended if the EUT emission is slowly varying, if the EUT emission has a low on-off cycle or when transient ambient signals (e.g. arc welding transients) may occur.

8.2 Generic measurement procedure

Signals need to be intercepted by the EMI receiver before they can be maximized and measured. The use of the quasi-peak detector during the emission maximization process for all frequencies in the spectrum of interest leads to excessive test times (see 6.6.2). Time-consuming processes like antenna height scans are not required for each emission frequency. These should be limited to frequencies at which the measured peak amplitude of the emission is above or near the emission limit. Therefore, only the emissions at critical frequencies whose amplitudes are close to or exceed the limit will be maximized and measured. The generic process depicted in Figure 24 will yield a reduction in measurement time.



IEC

Figure 24 – Process to give reduction of measurement time

8.3 Pre-scan measurements

8.3.1 General

This initial step in the overall measurement procedure serves multiple purposes. Pre-scan places the least number of restrictions and requirements upon the test system since its main purpose is to gather a minimal amount of information upon which the parameters of additional testing or scanning will be based. This measurement mode can be used to test a new product, where the familiarity with its emission spectrum is very low. In general, pre-scan is a data acquisition procedure used to determine where in the frequency range of interest, significant signals are located. Depending on the goal of this measurement, antenna tower and turntable movement may be necessary (for the radiated emission test) as well as improved frequency accuracy (e.g. for further processing on an OATS) and data reduction through amplitude comparison. These factors define the measurement sequence during the execution of pre-scan. In any case, the results will be stored in a signal list for further processing. When a pre-scan measurement is made to quickly obtain information on the unknown emission spectrum of an EUT, frequency scanning can be performed by applying the considerations of 6.6.

8.3.2 Determination of the required measurement time

If the emission spectrum and especially the maximum pulse repetition interval T_p of the EUT are not known, they shall be investigated to assure the measurement time T_m is not shorter than T_p . The intermittent character of the emission of an EUT is especially relevant for critical peaks of the emission spectrum. First it should be determined at which frequencies the amplitude of the emission is not steady. This can be done by comparing the maximum-hold with a minimum-hold or clear/write function of the measuring equipment or software, and observing the emission for a period of 15 s. During this period no change in the set-up should be made (no change of lead in case of conducted emission, no movement of absorbing clamp, no movement of turntable or antenna in case of radiated emission). Signals with e.g. more than 2 dB difference between the maximum-hold result and minimum-hold result are marked as intermittent signals. (Care should be taken not to mark noise as intermittent signals.)

In case of radiated emission, the polarization of the antenna is changed and the measurement is repeated, to reduce the risk that certain intermittent peaks are not found because they remain below noise level. From each intermittent signal the pulse repetition period T_p can be measured, by applying zero-span or using an oscilloscope connected to the IF-output of the measurement receiver. The correct measurement time can also be determined by increasing it until the difference between maximum-hold and clear/write displays is below e.g. 2 dB. During further measurements (maximization and final measurement), it shall be assured for each part of the frequency range that the measuring time T_m is not smaller than the applicable pulse repetition period T_p .

8.3.3 Pre-scan requirements for different types of measurements

The type of measurement determines the definition of a pre-scan measurement in the following way

- For radiated emissions in the frequency range from 9 kHz to 30 MHz, e.g. per CISPR 11 [1], both the loop antenna and the EUT need to be rotated to find the maximum field strength while the receiver is scanning the emission spectrum. In the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz, the antenna height may be preset to fixed heights given in Table 7, based on measurement distance, frequency range and polarization. The necessary pre-scan measurements shall be made for a sufficient number of EUT azimuths. For quick overview measurements this will yield an indication of the radiated emission amplitudes as a starting point for final maximization. If a more detailed determination of the worst-case antenna height, polarization and EUT azimuth is desired, the applicable standard should be used to determine the appropriate maximization procedure.

- In the frequency range above 1 GHz, the antenna needs to be positioned in horizontal and vertical polarization and the EUT rotated to find the maximum field strength while the emission spectrum is scanned. For details of the test procedure, see 7.6.6.1.

**Table 7 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception
(for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz**

Measurement distance	Polarization	Frequency range	Recommended antenna heights for each frequency range (minimum / maximum)
m	h – horizontal v – vertical	MHz	m
3	h	30 to 100	2,5
		100 to 250	1 / 2
		250 to 1 000	1 / 1,5
	v	30 to 100	1
		100 to 250	1 / 2
		250 to 1 000	1 / 1,5 / 2
10	h	30 to 100	4
		100 to 200	2,5 / 4
		200 to 400	1,5 / 2,5 / 4
		400 to 1 000	1 / 1,5 / 2,5
	v	30 to 200	1
		200 to 300	1 / 3,5
		300 to 600	1 / 2 / 3,5
		600 to 1 000	1 / 1,5 / 2 / 3,5
30	h	30 to 300	4
		300 to 500	2,5 / 4
		500 to 1 000	1,5 / 2,5 / 4
	v	30 to 500	1
		500 to 800	1 / 3,5
		800 to 1 000	1 / 2,5 / 3,5
a) The recommended antenna heights were derived for source phase-centre heights of between 0,8 m and 2,0 m for maximum errors of 3 dB (which is good for a pre-scan only). If the range of phase centre heights is reduced, the number of receive antenna heights may be reduced. If radiation pattern lobes exist (distinct peaks and nulls), e.g. in the upper frequency ranges, more antenna heights may be needed.			
b) For very large EUTs, e.g. telecom systems, the receiving antenna may need to be positioned in several vertical and horizontal positions, depending on the antenna beam width.			

8.4 Data reduction

The second step in the overall measurement procedure is used to reduce the number of signals collected during pre-scan and is thus aimed at further reduction of the overall measurement time. These processes can accomplish various tasks, e.g. determination of significant signals in the spectrum, discrimination between ambient or auxiliary equipment signals and EUT emissions, comparison of signals to limit lines, and data reduction based on user-definable rules. Another example of data-reduction methods involving the sequential use of different detectors and amplitude versus limit comparisons is given by the decision tree in Annex C of CISPR 16-2-1:2014. Data reduction may be performed fully automated or interactively, involving software tools or manual operator interaction. It need not be a separate section of the automated test, i.e. it may be part of a pre-scan.

In certain frequency ranges, especially the FM band, an acoustic ambient discrimination is very effective. This requires signals to be demodulated to be able to listen to their modulation

content. If an output list of pre-scan contains a large number of signals and acoustic discrimination is needed, it can be a rather lengthy process. However, if the frequency ranges for tuning and listening can be specified, only signals within these ranges will be demodulated. The results of the data reduction process are stored in a separate signal list for further processing.

8.5 Emission maximization and final measurement

During the final test the emissions are maximized to determine their highest level. After the maximization of the signals, the emission amplitude is measured using quasi-peak detection and/or average detection, allowing for the appropriate measurement time (at least 15 s if the reading shows fluctuations close to the limit).

The type of the radiated emission measurement defines the maximization process, yielding the highest signal amplitudes:

- in the frequency range from 9 kHz to 30 MHz – maximization of the indicated level by variation of the EUT azimuth angle and the azimuth angle of the (vertical) plane of the loop antenna (e.g. tests for CISPR 11 [1]);
- in the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz – maximization of the indicated level by variation of height and polarization of the measurement antenna as well as variation of the EUT azimuth;
- in the frequency range above 1 GHz – maximization of the indicated level by variation of the antenna polarization and variation of the EUT azimuth and, if the EUT surface is wider than the antenna beam, by moving the antenna along the EUT surface.

Before the actual maximization sequence can be executed, the worst-case EUT set-up shall be determined to ensure the detection of maximum emission amplitudes. The process of finding the EUT and cable configuration that yields the worst case emissions is primarily a manual operation. This can be done using a scanning receiver with a graphical display of the emission spectrum and signal maximum-hold capability for observing the changes in amplitudes as cable and equipment layouts are manipulated. The automated final measurement of emissions should begin after the worst case EUT operating mode and layout has been configured.

The measurement of a particular radiated emission includes a maximization process involving the rotation of the EUT, scanning the receive antenna over a height range, and changing antenna polarization. This time-consuming search process can be effectively automated, but it shall be recognized that a variety of search strategies may be used that can lead to different results. In case of previous knowledge of the radiation characteristics of an EUT, a maximization sequence should be chosen that allows the determination of the worst-case amplitude within the search ranges of the antenna mast and the turntable. For instance, if the EUT emits highly directive signals in the horizontal plane, e.g. due to slots in the case, the turntable should be rotated continuously while taking data with the receiver. A table movement in discrete steps, on the other hand, may not allow the detection of the maximum amplitude or may cause the signal to be missed completely if the chosen angular increments of the positions are too far apart. The scan time of the spectrum analyzer should be less than the time for 15° of rotation of the turntable to produce effective maximization data.

One search strategy might be to rotate the turntable 360° while leaving the antenna at a fixed height to find the angle for maximum emission amplitude. Next, the turntable is rotated back over the full range after the antenna polarization was changed (e.g. from horizontal to vertical). During this process test data is taken continuously with the receiver and at the end of the second table scan the highest amplitudes, based on turntable angle and antenna polarization, are determined. Then, the worst case positions of the antenna and turntable are selected and the antenna is scanned over the required height range to find the position yielding the maximum amplitude. At this point the emission level is either recorded using the receiver's quasi-peak detector after returning to the maximum emission height, or finer search continues with incremental rotation of the turntable and following incremental height search, to find the maximum emission amplitude at the given frequency with greater precision. Again, it is

important to have some understanding of the radiation pattern of the EUT in order to configure the software for an optimum search strategy that finds the maximum of the EUT emission in the shortest time. Variability is introduced into the test result when the final measurement is performed on the slope of the radiation pattern rather than on its peak.

NOTE The final measurement may be performed at several frequencies in parallel using FFT-based measurement instrumentation.

8.6 Post-processing and reporting

The last part of the test procedure addresses documentation requirements. The functionality for defining sorting and comparison routines that then can be automatically or interactively applied to signal lists supports a user in compiling the necessary reports and documentation. The corrected peak, quasi-peak or average signal amplitudes should be available as sorting or selection criteria. The results of these processes are stored in separate output lists or can be combined in a single list and are available for documentation or further processing.

Results shall be available in tabular and graphics format for use in a test report. Furthermore, information about the test system itself, e.g. transducers used, measuring instrumentation, and documentation of the EUT set-up as required by the product standard should also be part of the test report.

8.7 Emission measurement strategies with FFT-based measuring instruments

Depending on the implementation, FFT-based measuring instruments may perform weighted measurements significantly faster than the tunable selective voltmeters. A weighted measurement over the frequency range of interest may then be faster than a measurement consisting of a prescan and final scan performed with a superheterodyne receiver as described in 8.2.

Annex A (informative)

Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions

A.1 General

High ambient emissions have to be accounted for during *in situ* tests (conducted and radiated) and type tests on an open-area test site (OATS). It is the purpose of this annex to describe measurement procedures for a number of different situations.

In some circumstances, the procedures will not provide a solution to the problems caused by ambient signals. In particular, the procedures cannot be expected to overcome the problems of 6.2.4 of CISPR 16-1-4:2019. But aside from this caveat, the following procedures can be used.

A.2 Terms and definitions

A.2.1

EUT disturbance

EUT emission spectrum to be measured

A.2.2

ambient emission

emission spectrum superimposed on the EUT disturbance spectrum that influences the accuracy of the EUT disturbance measurement

A.3 Problem description

During *in situ* tests and type tests on an OATS the ambient emissions frequently do not correspond to the ambient radio frequency environment of the test site recommendations of CISPR 16-1-4.

The radio disturbance of the EUT is often located within the frequency bands of ambient emissions and cannot be measured with a radio disturbance measuring receiver as specified in CISPR 16-1-1 due to insufficient frequency spacing between the EUT disturbance and the ambient emission or due to superposition.

The CISPR standard measuring receiver is suitable to provide uniform test results for all types of radio-frequency emissions, where the EUT disturbance alone is to be measured. It is, however, not optimized to discriminate between EUT disturbance and ambient emissions or to measure the EUT disturbance in the aforementioned situation.

Because in actual interference investigation situations there are no alternatives to an *in situ* test, a solution is described below for cases when a differentiation between EUT disturbance and ambient emission is possible.

A.4 Proposed solution

A.4.1 Overview

EUT disturbance emissions and ambient emissions can be categorized as in Table A.1.

Table A.1 – Combinations of EUT disturbance and ambient emissions

EUT disturbance	Ambient emission
Narrowband	Narrowband
	Broadband
Broadband	Narrowband
	Broadband

Narrowband ambient emissions may be, for example, AM- or FM-modulated; broadband ambient emissions may be, for example, TV or digitally-modulated signals. Here the terms “narrowband” and “broadband” are always relative to the bandwidth of the measuring receiver, as specified in CISPR 16-1-1. Narrowband signals are defined as signals that have a bandwidth less than the measuring receiver bandwidth. In this case, all the signal’s spectral components are contained in the receiver bandwidth. A CW signal will always be narrowband; a narrow FM signal can be either narrow or broadband, depending on the actual receiver bandwidth. On the contrary, an impulsive signal will usually be broadband because a few of its spectral components will be within and many of its spectral components outside the receiver bandwidth.

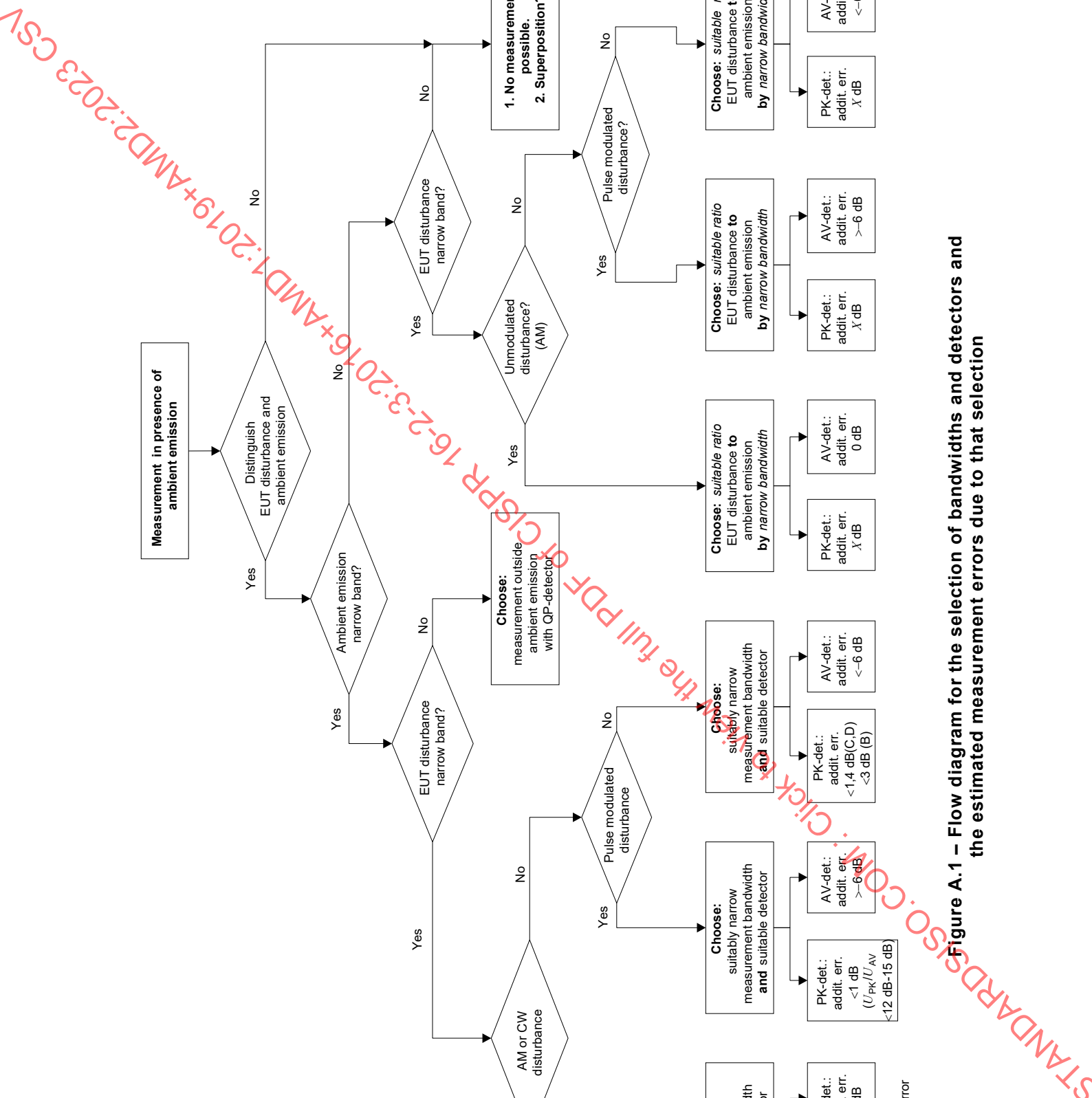
The measurement of the EUT disturbance is a manifold problem: first, to identify EUT disturbance and ambient emission and, second, to distinguish between narrowband and broadband emission. Modern measuring receivers and spectrum analyzers provide various resolution bandwidths and detector types. These can be used to analyse the combined spectrum, to distinguish between EUT disturbance and ambient emission spectra, to distinguish between narrowband and broadband emissions and to measure (or in difficult situations to estimate) the EUT disturbance.

In case of type testing on an OATS, identification and pre-measurement of the EUT disturbance may also be carried out by pre-testing the EUT in a non-compliant (for example, partially) absorber-lined shielded room, and final testing on an OATS, whereby levels of emissions hidden by ambients may be determined by comparison with emissions in the vicinity.

Superposition of the emissions shall be accounted for when EUT disturbance and ambient emissions cannot be separated. The separation needs an EUT disturbance-and-ambient-emission to ambient-emission ratio of about 20 dB.

In cases where IF-bandwidths and detectors are different from the specified bandwidth and the quasi-peak (QP) detector, the QP value in the specified bandwidth is the reference for the measurement-error determination.

Figure A.1 shows a flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection.

[illegible]

A.4.2 Pre-testing the EUT in a shielded room

Emission frequency and amplitude data acquired from preliminary testing in a shielded room may be used under certain restrictive conditions (a simple shielded room is not an absorber-lined shielded room – semi-anechoic or anechoic – and thus does not meet present NSA values in 6.5 of CISPR 16-1-4:2019. This will give the emission spectrum that has significant amplitudes. In cases of narrowband emission the product emission spectrum contains harmonics and subharmonics of any clock frequency used in the product.

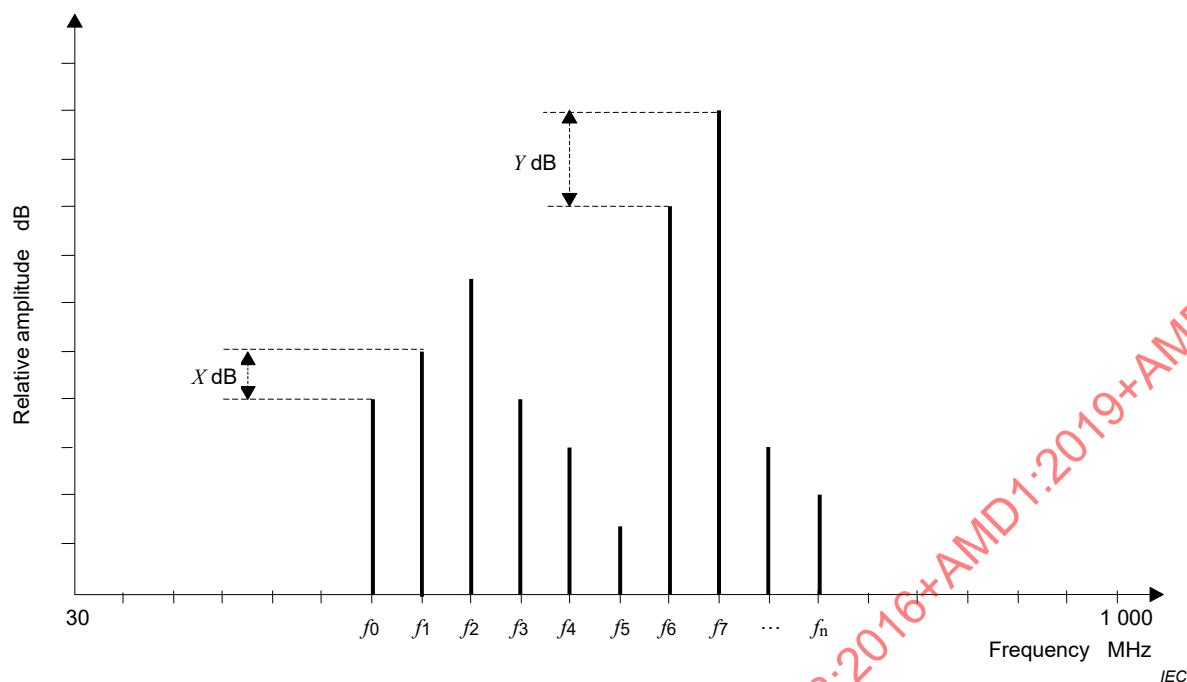
These pre-test results may be used to determine product emission amplitudes in certain restrictive situations. In particular, when the final compliance test is performed at an OATS and one (or more) of the frequencies are masked (hidden) by an RF ambient, chances are that an adjacent frequency to these masked frequencies will not coincide precisely with an RF ambient. Hence, the unmasked emission can be recorded in the usual manner using the required receiver or spectrum analyzer bandwidth. Then the amplitude of the EUT emission that is masked by the high RF ambient can be judged using the preliminary quiet-chamber measurements in the following way.

Assume that during the shielded room preliminary measurements, two adjacent frequency emissions differ in amplitude by X dB (see Figure A.2). Next one of these frequencies that are not masked by the RF ambient is measured at the OATS. The difference in amplitude (X dB) of the masked frequency from the measurable adjacent frequency can be added to (or subtracted from, depending on the sign of the difference) the amplitude found in the shielded room to determine the amplitude of the adjacent frequencies. This is shown in Figure A.2, where (assuming that the frequency f_1 is the masked frequency and f_0 is not masked), the amplitude for f_1 is shown as X dB greater than the amplitude at f_0 . Then to find the amplitude of f_1 at the OATS, X dB is added to the value of the measurable amplitude of f_0 . Similarly, if the amplitude of f_6 were Y dB less than that for f_7 found during the quiet-chamber testing, the amplitude of f_6 (if masked by an ambient) would be Y dB less than that of f_7 , which is assumed to be measurable at the OATS.

NOTE The above procedure emphasizes what is contained in point d) of 7.3.6.2 (Test environment).

Several precautions should be taken in using this restricted procedure.

- a) The adjacent frequency found in preliminary testing should not be more than one or two adjacent frequencies away (usually a sub-harmonic or harmonic of the basic clock frequency), so that the effect of the shielded room irregularities will not unnecessarily enhance or depress frequencies adjacent to the frequency to be estimated on the OATS. In this case, the value of X (or Y in Figure A.2) may not be suitable.
- b) The amplitudes of adjacent frequencies need to be measured very carefully by height scan of the receive antenna in the quiet chamber (as would be the case for the final compliance measurement). If full height scan cannot be made, alternate correlations between the quiet-chamber measurements and the corresponding OATS measurements may have to be made before applying this OATS amplitude estimation technique (for emissions masked by the RF ambient).
- c) For those quiet chambers that are fully absorber-lined on all six sides of the chamber, alternate height-scan techniques might be available, such as measurements at two or three fixed heights (since the ground plane reflections are suppressed and that contribution to the received signal diminished) and using the maximum of these readings. Such techniques may need the same correlation measurements as stated in item b) above.



NOTE Generally f_n is n times f_0 , the EUT fundamental emission frequency (basic clock frequency).

Figure A.2 – Relative difference in adjacent emission amplitudes during preliminary testing

A.4.3 Method of measurement of EUT disturbances in the presence of narrowband ambient emissions

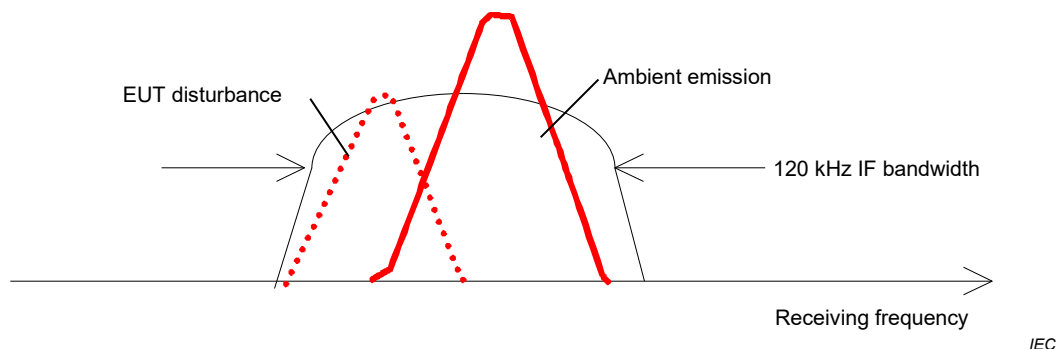
A.4.3.1 General

Depending on the type of EUT disturbance, its measurement is based on

- the analysis of the combined spectrum with a bandwidth narrower than that of the CISPR measuring receiver,
- the determination of a suitable measurement bandwidth for the selection of narrowband disturbance close to ambient emissions,
- the use of the peak detector (if the disturbance is AM or pulse modulated) or the average detector,
- the increase of the EUT disturbance to ambient emission ratio in case of a narrowband disturbance within a relatively broadband ambient emission when a narrower measurement bandwidth is used, and
- accounting for superposition of EUT disturbance and ambient emission, if separation is not possible.

A.4.3.2 Unmodulated EUT disturbance

The unmodulated EUT disturbance (see Figure A.3) can be separated from the ambient signal carrier by choosing a suitably narrow measurement bandwidth. Either the peak or the average detector may be used. There is no additional measurement error compared with the quasi-peak detector. If the difference in level between peak and average values is very small (for example, lower than 1 dB), the measured average value is equivalent to the quasi-peak value.



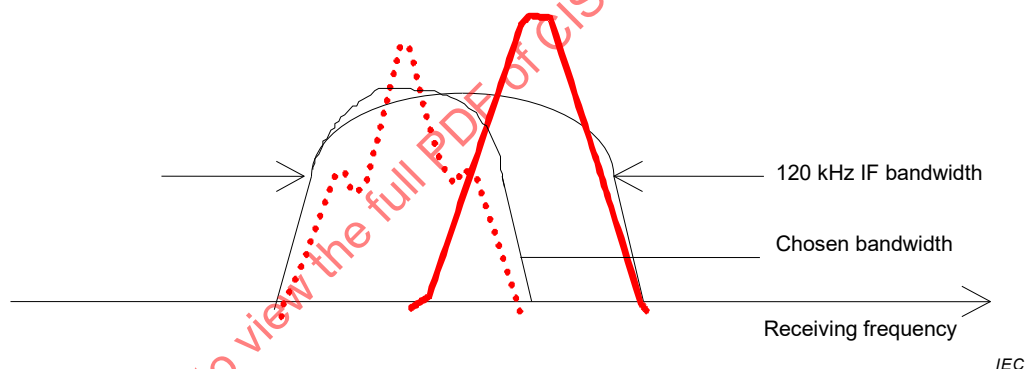
Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.3 – Disturbance by an unmodulated signal (dotted line)

A.4.3.3 Amplitude-modulated EUT disturbance

The amplitude-modulated EUT disturbance (see Figure A.4) can be separated from the ambient signal carrier by choosing a suitably narrow measurement bandwidth. Care should be taken to ensure that the narrow measurement bandwidth chosen does not suppress the modulation spectra of the EUT disturbance. Suppression of the modulation spectra is recognised by a decrease in the peak amplitude of the EUT disturbance as a result of the increase of selectivity.



Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.4 – Disturbance by an amplitude-modulated signal (dotted line)

Only the peak detector with a measurement time greater than the reciprocal of the modulation frequency can be used. An additional measurement error shall be accounted for at modulation frequencies below 10 Hz (0,4 dB at 10 Hz; 1,4 dB at 2 Hz for bands C and D and 0,9 dB at 10 Hz; 3 dB at 2 Hz for band B), where the peak value is above the quasi-peak value. The QP-value as a function of the modulation frequency is shown in Figure A.5.

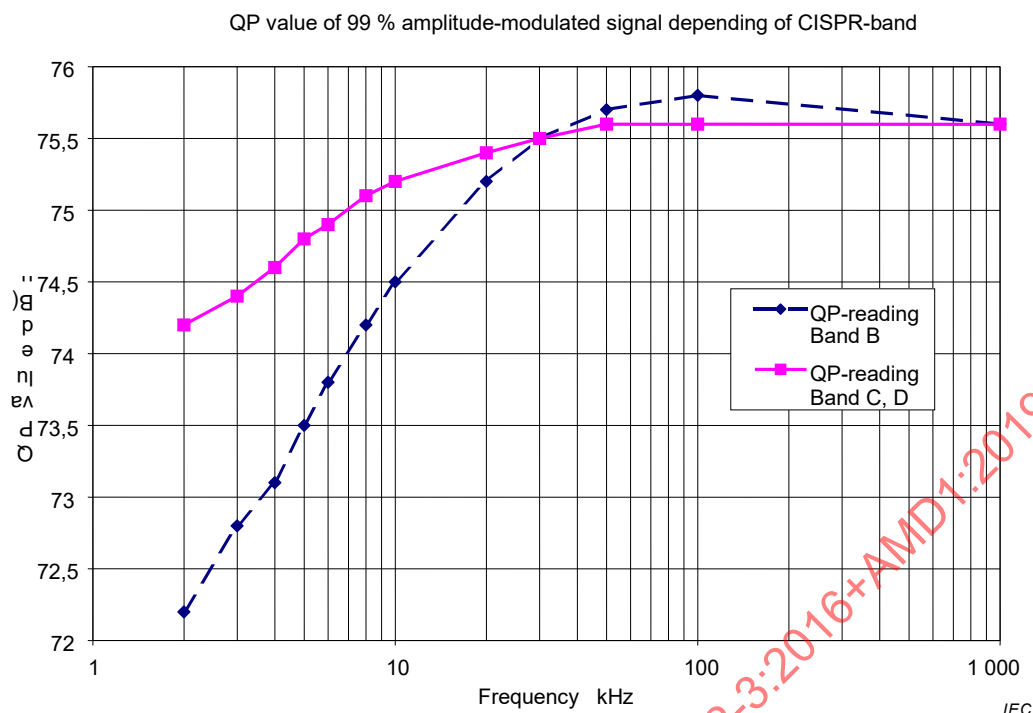


Figure A.5 – Indication of an amplitude-modulated signal as a function of modulation frequency with the QP detector in CISPR bands B, C and D

A.4.3.4 Pulse-modulated EUT disturbance

The narrowband pulse-modulated disturbance from the EUT is classified as a special case of amplitude modulation and can also be separated from the ambient signal carrier by a suitably narrow measurement bandwidth. The selectivity shall not lead to a suppression of the modulation spectra. Only the peak detector can be used.

In cases of low repetition frequency, an additional error is possible, but as long as the difference between peak- and average detector reading is in the order of 12 dB to 14 dB, additional measurement errors compared with the quasi-peak value need not be accounted for.

For a pulse width $\tau = 50 \mu\text{s}$, Figure A.6 shows that as long as the difference between peak and average levels is less than or equal to 14 dB, the deviation between peak and QP levels is negligible. So, the comparison between peak and average levels may be used to verify the usability of the peak detector.

Comparative measurement: $f = 60 \text{ MHz}$; IF-BW = 120 kHz; $t = 50 \mu\text{s}$

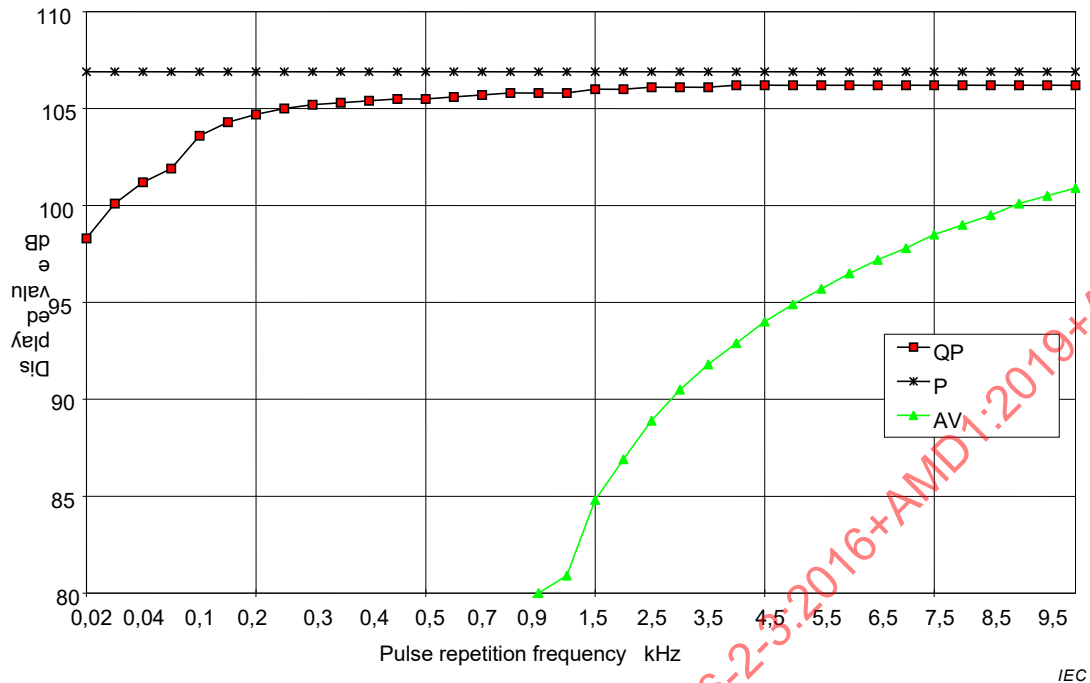


Figure A.6 – Indication of a pulse-modulated signal (pulse width 50 μs) as a function of pulse repetition frequency with peak, QP and average detectors

A.4.3.5 Broadband EUT disturbance

For the measurement of broadband disturbance (see Figure A.7) the quasi-peak detector shall be used. In fact it is not possible to carry out a measurement within the ambient signal bandwidth. Because of the finite bandwidth, the disturbance can generally be measured outside the ambient signal spectrum using the quasi-peak detector.

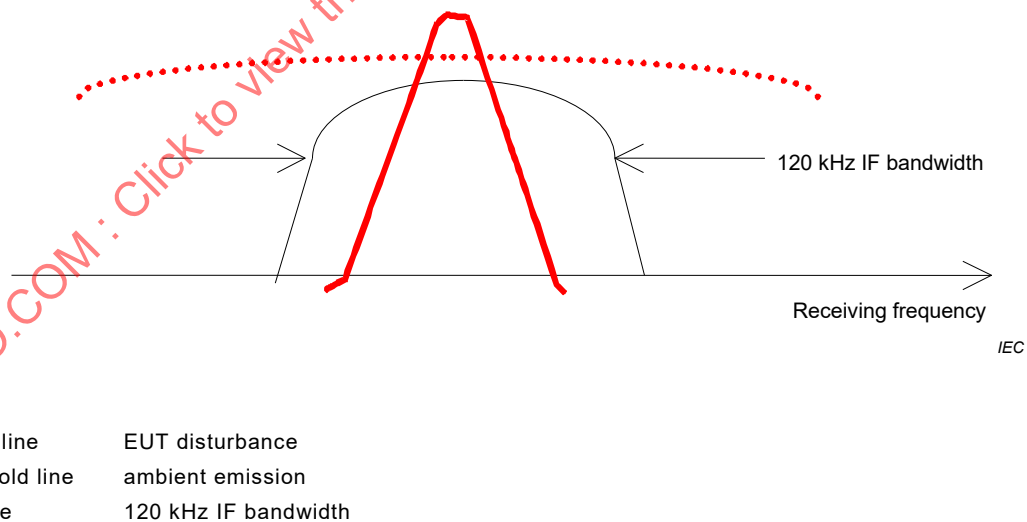


Figure A.7 – Disturbance by a broadband signal (dotted line)

A.4.4 Method of measurement of EUT disturbance in the presence of broadband ambient emissions

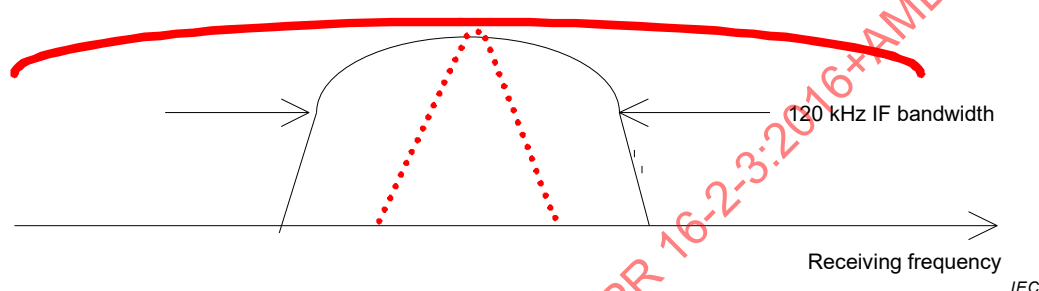
A.4.4.1 General

For this case the measurement method is based on

- the analysis of the combined spectrum with a bandwidth equal to the CISPR measuring receiver,
- measurement with a narrow bandwidth (in case of narrowband EUT disturbance; the use of a narrow bandwidth will increase the EUT disturbance to ambient emission ratio),
- the use of the average detector for narrowband EUT disturbance, and
- accounting for superposition of EUT disturbance and ambient emission, if separation is not possible.

A.4.4.2 Unmodulated EUT disturbance

The amplitude of the EUT disturbance (see Figure A.8) should be measured with the average detector (specified in CISPR 16-1-1). The measurement error depends on the average value of the broadband signal spectrum within the selected bandwidth. This measurement error can be minimized by choosing a measurement bandwidth that maximizes the EUT disturbance to ambient emission ratio (selectivity method).



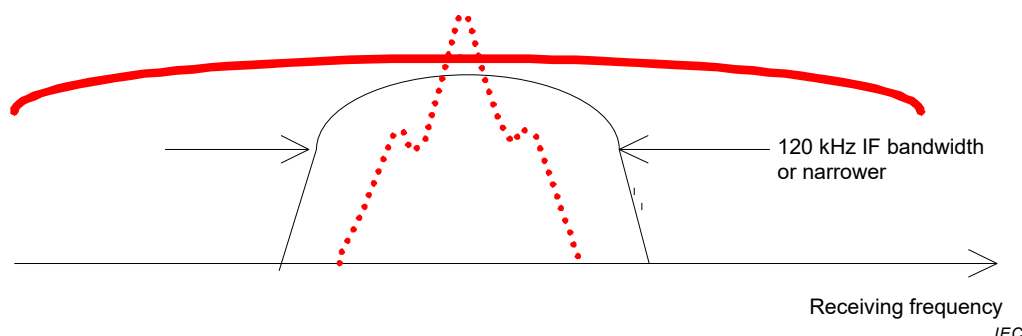
Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line)

A.4.4.3 Amplitude-modulated EUT disturbance

The amplitude of the EUT disturbance (see Figure A.9) is measured with the average detector, although an additional measurement error of up to 6 dB (at 100 % modulation) compared with a quasi-peak detector shall be accounted for. The measurement bandwidths chosen should maximize the EUT disturbance to ambient emission ratio (selectivity method).



Key

dotted line	EUT disturbance
solid bold line	ambient emission
thin line	120 kHz IF bandwidth

Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line)

A.4.4.4 Pulse-modulated EUT disturbance

It is not easy to detect and recognise a pulse-modulated EUT disturbance in a broadband ambient signal spectrum with a high level of reliability, because the 100 % amplitude modulation of the disturbance may mask the EUT disturbance within the spectrum.

The amplitude of the EUT disturbance can be measured with the average detector in case of high duty cycles. Due to the 100 % amplitude modulation depth with smaller duty cycles, the use of the average detector will cause an increasing measurement error compared with the quasi-peak detector. In the case of a duty cycle of 1:1 and use of the linear average detector, the measurement error is 6 dB. The measurement bandwidth should be such that the relationship between the measured average value of the EUT disturbance and the average value of the broadband ambient signal is maximized.

In case of low duty cycles, the average value will substantially deviate from the QP value. In this case the peak detector should be used together with a measurement bandwidth as narrow as possible but still wide enough to capture the complete disturbance bandwidth. Superposition with the ambient emission may have to be accounted for.

A.4.4.5 Broadband EUT disturbance

As a rule, broadband disturbance cannot be detected or measured in a broadband ambient signal spectrum. It may be possible to measure such a disturbance outside the ambient signal spectrum or by accounting for superposition.

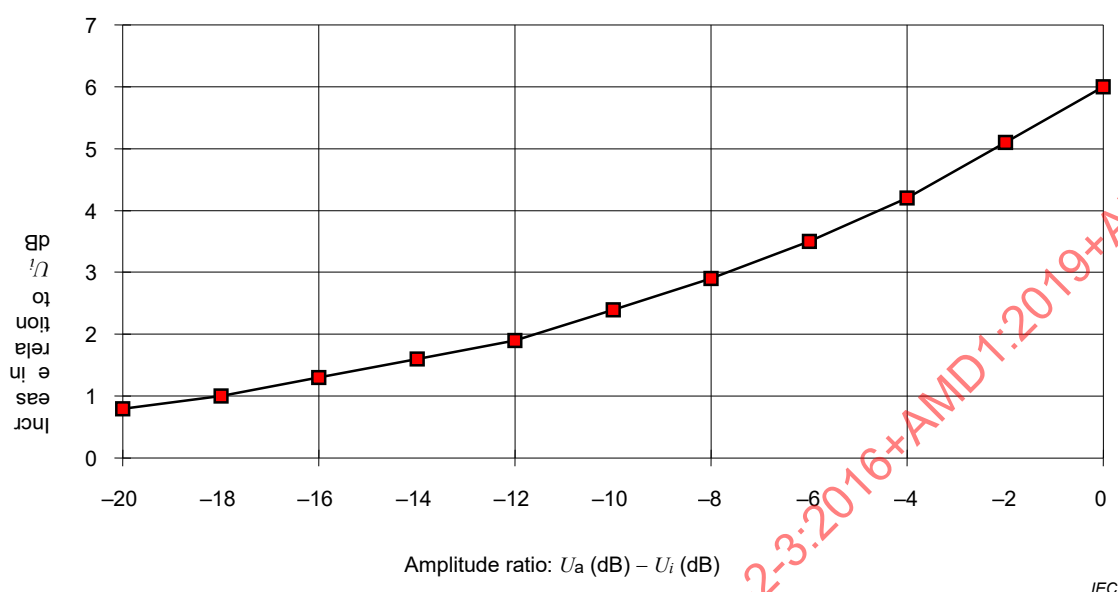
The combinations of EUT disturbance with the ambient emission, and the error involved in the measurement, are displayed in Table A.2.

NOTE A scanning receiver or spectrum analyzer will show the spectra of two different broadband signals, unless the signal frequencies or pulse rates are harmonically related with each other, or the sweep rate of the measuring instrument is harmonically related with the measured pulse rates.

A.5 Determination of the EUT disturbance in case of superposition

If, as a result of the selection of the EUT disturbance and the ambient emission, the measured level to ambient emission ratio is lower than 20 dB, the superposition of ambient emission and EUT disturbance needs to be accounted for. For impulsive broadband voltage, the following calculation can be made.

The received signal U_r is the sum of the EUT disturbance U_i and the ambient emission U_a . U_a can be measured only when the EUT is switched off. The superposition is linear for the peak detector (see Figure A.10).



Key:

U_a is level of ambient emission

U_i is level of EUT disturbance

Figure A.10 – Increase of peak value with superposition of two unmodulated signals

The following equation applies when using the peak detector:

$$U_r = U_i + U_a \quad (\text{A.1})$$

The EUT disturbance can thus be calculated from

$$U_i = U_r - U_a \quad (\text{A.2})$$

The amplitude ratio d of the received signal to the ambient emission can be measured easily.

$$D = \frac{U_r}{U_a}, \quad d = 20 \lg D \quad (\text{A.3})$$

The ambient emission U_a can be substituted in Equation (A.2):

$$U_i = U_r - \frac{U_r}{D} = U_r \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.4})$$

or

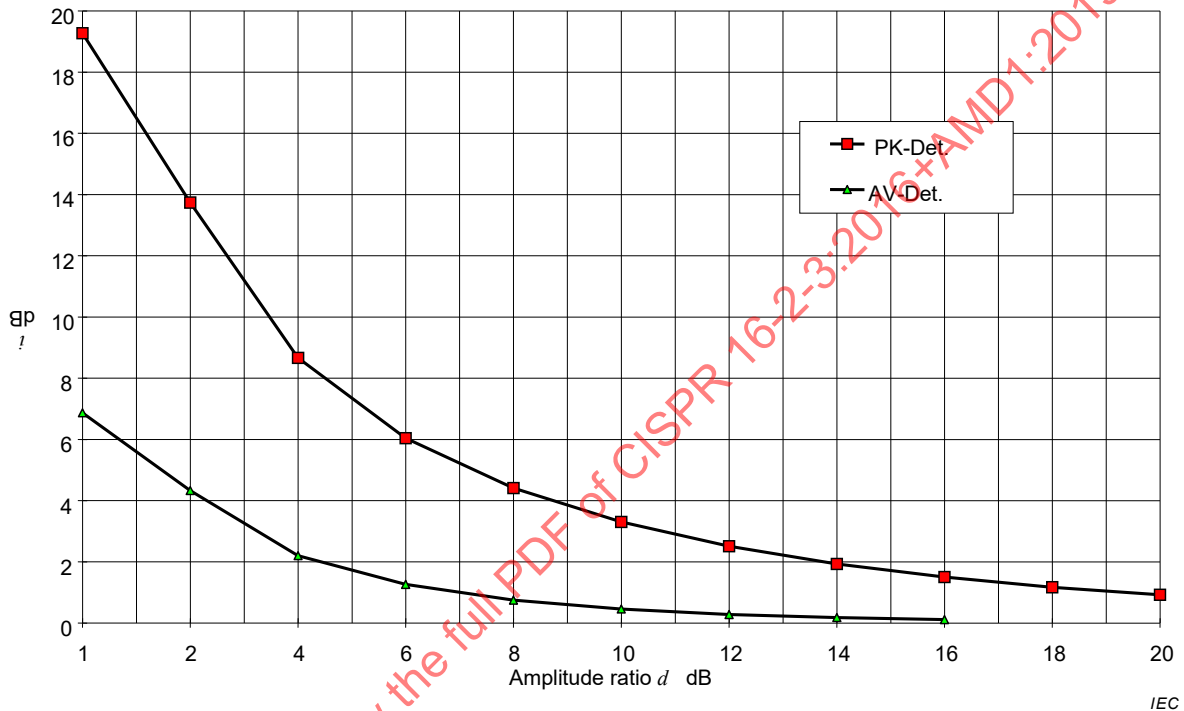
$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} + 20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.5})$$

Defining i by Equation (A.6) as

$$i = -20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right) \quad (\text{A.6})$$

serves to determine the amplitude of the EUT disturbance. The factor i is illustrated in Figure A.11. Using i from Figure A.11, the amplitude of the EUT disturbance can be calculated as follows:

$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} - i \quad (\text{A.7})$$



Key:

U_a is the ambient signal in dB

U_r is the resulting indication of received signal (by superposition) in dB

U_i is the disturbance signal in dB

$$d = U_r - U_a$$

$$U_i = U_r - i$$

$$i = -20 \lg \left(1 - \frac{1}{D} \right)$$

Figure A.11 – Determination of the amplitude of the disturbance signal by means of the amplitude ratio d and the factor i (see Equation (A.3) and Equation (A.6))

Figure A.11 can be used as follows:

- measure the ambient field strength U_a in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (EUT off);
- measure the resultant field strength U_r in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (EUT on);

- c) determine $d = U_r - U_a$;
- d) find the value of i from Figure A.11;
- e) determine U_i in dB(μV/m) using $U_i = U_r - i$.

If the received signal is measured with the average detector, Figure A.12 can be applied. Figure A.12 shows that in the case of unmodulated signals the following equation

$$U_r = \sqrt{U_i^2 + U_a^2} \quad (\text{A.8})$$

can be used with an additional measurement error of up to about 1,5 dB. In case of modulation, the error decreases (see Figure A.12) but the errors in Table A.2 shall be accounted for.

By means of the average detector, the in-band disturbance can be estimated by applying Equation (A.7) if the curve of the average detector (Figure A.11) is used. In this case the factor i is defined as

$$i = -10 \lg \left(1 - \frac{1}{D^2} \right) \quad (\text{A.9})$$

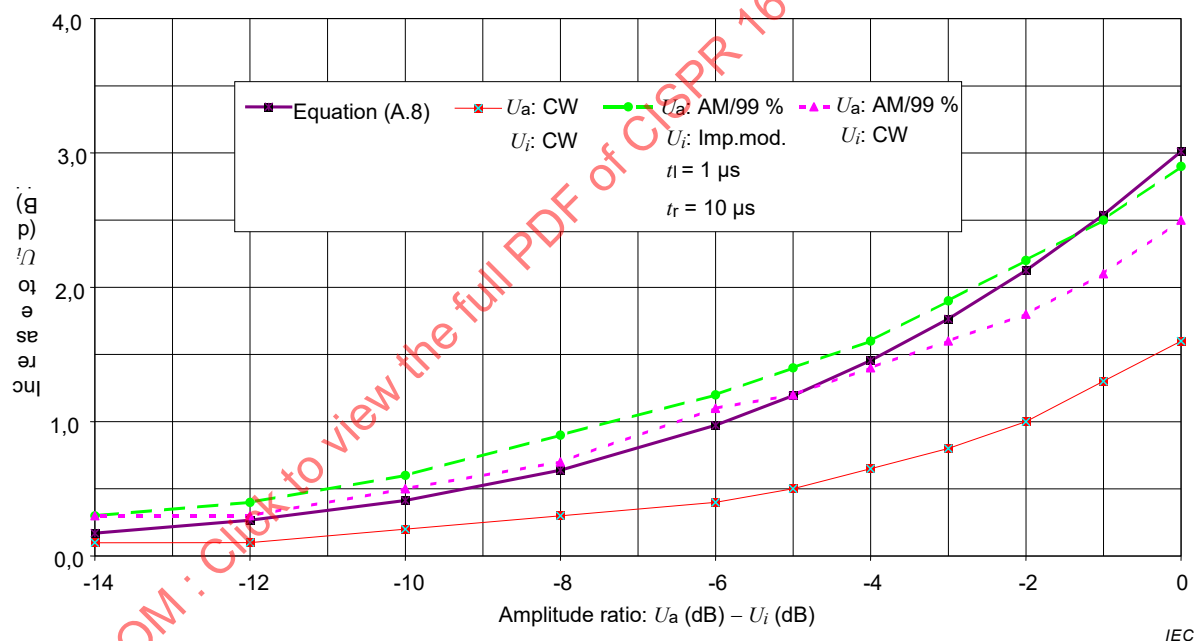


Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8)

Table A.2 – Measurement error depending on the detector type and on the combination of ambient and disturbing signal spectra

Ambient emission	EUT disturbance			
	Unmodulated	Amplitude-modulated	Pulse-modulated	Broadband disturbance
Narrowband				
Steps taken to increase signal-to-noise ratio	Increased selectivity	Increased selectivity	Increased selectivity	Measurement outside ambient emission
Error of peak value $\left(\frac{PK}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to +1,4 dB for bands C, D +3 dB for band B	Less than or equal to +1 dB $\left(\frac{UPK}{UAV} \leq 12 \dots 15 \text{ dB} \right)$	–
Error of average value $\left(\frac{AV}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to –6 dB ^a	Greater than or equal to –6 dB ^a	–
Broadband				
Steps taken to increase signal-to-noise ratio	Selectivity	Selectivity	Selectivity	No measurement possible (superposition only)
Error of peak value $\left(\frac{PK}{QP} \right)$	+X dB ^a	Less than or equal to +X dB ^a	Greater than or equal to +X dB ^a	–
Error of average value $\left(\frac{AV}{QP} \right)$	0 dB	Less than or equal to –6 dB ^a	Greater than or equal to –6 dB ^a	–
Key: X is the error depending on the pulse character of the ambient emission. PK is the peak value; QP is the quasi-peak value; AV is the average value. Bands B, C, D are defined as in CISPR 16-1-1.				
^a Measurement procedure not recommended + not allowed for compliance measurements.				

Annex B (informative)

Use of spectrum analyzers and scanning receivers

B.1 General

When using spectrum analyzers and scanning receivers, the following characteristics should be addressed. See also Clause 6 of this standard for additional information.

B.2 Overload

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2 000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation or additional RF preselection may be required to reduce the input signal to this level.

B.3 Linearity test

Linearity can be evaluated by measuring the level of the specific signal under investigation and repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the receiver or, if used, the preamplifier ($X \geq 6$ dB). The new reading of the receiver display should differ by X dB up to $\pm 0,5$ dB from the first reading, if the measuring system is linear.

B.4 Selectivity

The spectrum analyzer and scanning receiver shall have the bandwidths specified in CISPR 16-1-1 to correctly measure broadband and impulsive signals, and narrowband disturbances with several spectrum components within the standardized bandwidth.

B.5 Normal response to pulses

The response of a spectrum analyzer and a scanning receiver with quasi-peak detection can be verified with the calibration test pulses specified in CISPR 16-1-1. The large peak voltage of the calibration test pulses typically requires insertion of an RF attenuation of 40 dB or more to satisfy the linearity requirements. This decreases the sensitivity and makes the measurement of low repetition rate and isolated calibration test pulses impossible for bands B, C and D. If a preselecting filter is used ahead of the receiver, then the RF attenuation can be decreased. The filter limits the spectrum width of the calibration test pulse as seen by the mixer.

B.6 Peak detection

The normal (peak) detection mode of spectrum analyzers provides a display indication that, in principal, is never less than the quasi-peak indication. It is convenient to measure emissions using peak-detection because it allows faster frequency scans than quasi-peak detection. Those signals that are close to the emission limits then need to be re-measured using quasi-peak detection to record quasi-peak amplitudes.

B.7 Frequency scan rate

The scan rate of a spectrum analyzer or a scanning receiver should be adjusted for the CISPR frequency band and the detection mode used. The minimum sweep time/frequency is listed in the following table:

Band	Peak-detection	Quasi-peak detection
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C and D	1 ms/MHz	20 s/MHz

For a spectrum analyzer or scanning receiver used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode and according to the needs for observing the behaviour of the emission. If the level of disturbance is not steady, the reading on the receiver must be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 6.5.1).

B.8 Signal interception

The spectrum of intermittent emissions may be captured with peak-detection and digital display storage if provided. Multiple, fast frequency scans reduce the time to intercept an emission compared to a single, slow frequency scan. The starting time of the scans should be varied to avoid any synchronism with the emission and thereby hiding it. The total observation time for a given frequency range shall be longer than the time between the emissions. Depending upon the kind of disturbance being measured, the peak detection measurements can replace all or part of the measurements needed using quasi-peak detection. Re-tests using a quasi-peak detector should then be made at frequencies where emission maxima have been found.

B.9 Average detection

Average detection with a spectrum analyzer is obtained by reducing the video bandwidth until no further smoothing of the displayed signal is observed. The sweep time shall be increased with reductions in video bandwidth to maintain amplitude calibration. For such measurements, the receiver shall be used in the linear mode of the detector. After linear detection is made, the signal may be processed logarithmically for display, in which case the value is corrected even though it is the logarithm of the linearly detected signal.

A logarithmic amplitude display mode may be used, for example, to distinguish more easily between narrowband and broadband signals. The displayed value is the average of the logarithmically distorted IF signal envelope. It results in a larger attenuation of broadband signals than in the linear detection mode without affecting the display of narrowband signals. Video filtering in log-mode is, therefore, especially useful for estimating the narrowband component in a spectrum containing both.

B.10 Sensitivity

Sensitivity can be increased with low noise RF pre-amplification ahead of the spectrum analyzer. The input signal level to the amplifier should be adjustable with an attenuator to test the linearity of the overall system for the signal under examination.

The sensitivity to extremely broadband emissions that require large RF attenuation for system linearity is increased with RF preselecting filters ahead of the spectrum analyzer. The filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the

intermodulation products they cause. If such filters are used, they shall be calibrated with broadband signals.

B.11 Amplitude accuracy

The amplitude accuracy of a spectrum analyzer or a scanning receiver may be verified by using a signal generator, power meter and precision attenuator. The characteristics of these instruments, cable and mismatch losses have to be analysed to estimate the errors in the verification test.

Annex C (informative)

Scan rates and measurement times for use with the average detector

C.1 Purpose

This annex is intended to give guidance on the selection of scan rates and measurement times when measuring impulsive disturbance with the average detector.

The average detector serves the following purposes:

- a) to suppress impulsive noise and thus to enhance the measurement of CW components in disturbance signals to be measured;
- b) to suppress amplitude modulation (AM) in order to measure the carrier level of amplitude modulated signals;
- c) to show the weighted peak reading for intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances using a standardized meter time constant.

Clause 6 of this standard defines the average measuring receiver for the frequency range 9 kHz to 1 GHz.

In order to select the proper video bandwidth and the corresponding scan rate or measurement time, the following considerations apply.

C.2 Suppression of disturbances

C.2.1 Suppression of impulsive disturbance

The pulse duration T_p of an impulsive disturbance is often determined by the IF bandwidth, B_{res} , i.e. $T_p = 1/B_{res}$. For the suppression of such noise, the suppression factor a is then determined by the video bandwidth B_{video} relative to the IF bandwidth, i.e. $a = 20 \lg(B_{res}/B_{video})$. The bandwidth B_{video} is determined by the bandwidth of the low-pass filter following the envelope detector. For longer pulses, the suppression factor will be lower than a . The minimum scan time $T_{s \min}$ (and maximum scan rate $R_{s \max}$) is determined using:

$$T_{s \min} = \frac{k \Delta f}{B_{res} B_{video}} \quad (C.1)$$

$$R_{s \max} = \frac{\Delta f}{T_{s \min}} = \frac{B_{res} B_{video}}{k} \quad (C.2)$$

where

Δf is the frequency span and

k is a proportionality factor that depends on the speed of the measuring receiver or spectrum analyzer.

For the longer scan times, k is very close to a factor of one (1). If a video bandwidth of 100 Hz is selected, the maximum scan rates and pulse suppression factors in Table C.1 are obtained.

Table C.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Video bandwidth B_{video}	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Maximum scan rate	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Maximum suppression factor	6 dB	39 dB	61,5 dB

This can be applied for product standards calling out quasi-peak and average limits in bands B (and C) if short pulses are expected in the disturbance signal. Compliance of the EUT with both limits shall be demonstrated. If the pulse repetition frequency is greater than 100 Hz and the quasi-peak limit is not exceeded by the impulsive disturbance, then the short pulses are sufficiently suppressed for average detection with a video bandwidth of 100 Hz.

C.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging

Average detection may be done by digital averaging of the signal amplitude. An equivalent suppression effect can be achieved if the averaging time is equal to the inverse of the video filter bandwidth. In this case, the suppression factor $a = 20 \lg(T_{\text{av}} B_{\text{res}})$, where T_{av} is the averaging (or measuring) time at a certain frequency. Consequently a measurement time of 10 ms will produce the same suppression factor as a video bandwidth of 100 Hz. Digital averaging has the advantage of zero delay time, when switching from one frequency to another. On the other hand, for averaging of a certain pulse repetition frequency f_p , the result may vary depending on whether n or $(n + 1)$ pulses are averaged. This has an effect of less than 1 dB, for $(T_{\text{av}} f_p) > 10$.

C.2.3 Suppression of amplitude modulation

In order to measure the carrier of a modulated signal, the modulation has to be suppressed by signal averaging over a sufficiently long time, or by using a video filter of sufficient attenuation at the lowest frequency. If f_m is the lowest modulation frequency, and assuming that the maximum measurement error due to a 100 % modulation is limited to 1 dB, then the measurement time T_m should be $T_m = 10/f_m$.

C.3 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances

In CISPR 16-1-1, the response to intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances is defined using the peak reading with meter time constants of 160 ms (for Bands A and B) and 100 ms (for Bands C and D). These time constants correspond to second order video filter bandwidths of 0,64 Hz or 1 Hz respectively. For correct measurements, these bandwidths would require very long measurement times (see Table C.2).

Table C.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and minimum scan times

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Meter time constant	160 ms	160 ms	100 ms
Video bandwidth B_{video}	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Minimum scan time	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

This applies, however, only for pulse repetition frequencies of 5 Hz or less. For all higher pulse widths and modulation frequencies, higher video filter bandwidths may be used (see C.2.1). Figure C.1 and Figure C.2 show the weighting function of a pulse with 10 ms pulse duration versus pulse repetition frequency f_p with peak reading (CISPR AV) and with true averaging (AV) for meter time constants of 160 ms (Figure C.1) and 100 ms (Figure C.2).

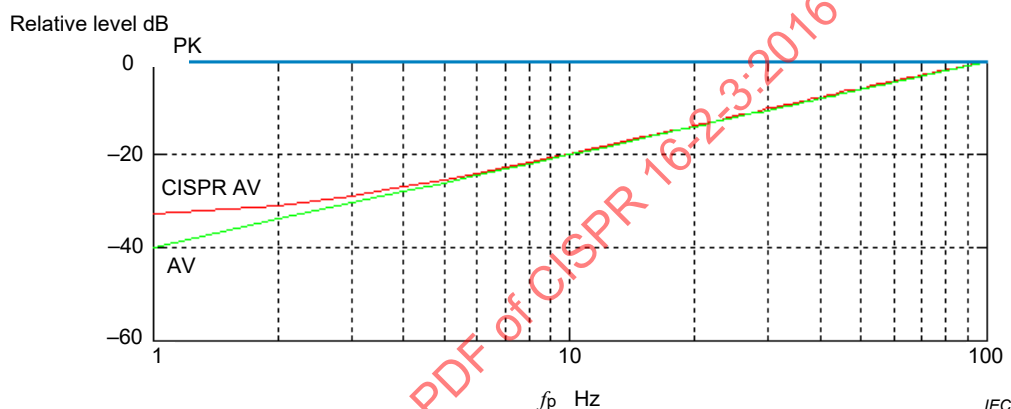


Figure C.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading; meter time constant 160 ms

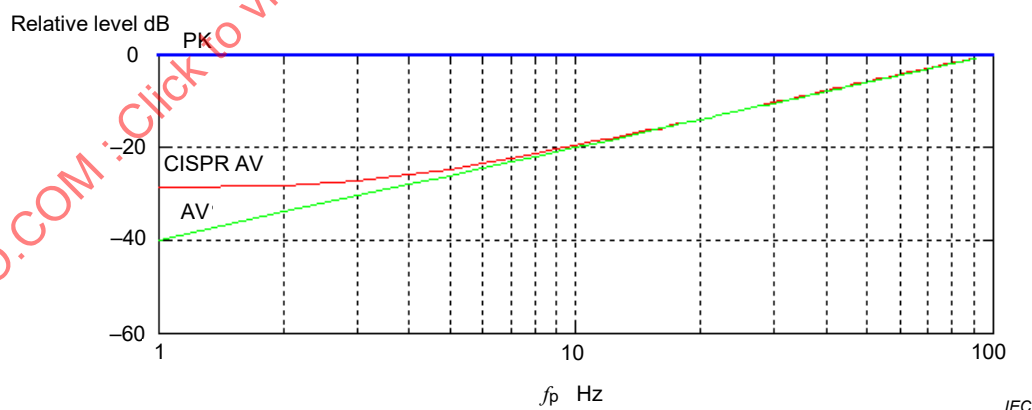


Figure C.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading; meter time constant 100 ms

Figure C.1 and Figure C.2 imply that the difference between average with peak reading (CISPR AV) and without peak reading (AV) increases as the pulse repetition frequency f_p

decreases. Figure C.3 and Figure C.4 show the difference for $f_p = 1$ Hz, as a function of pulse width.

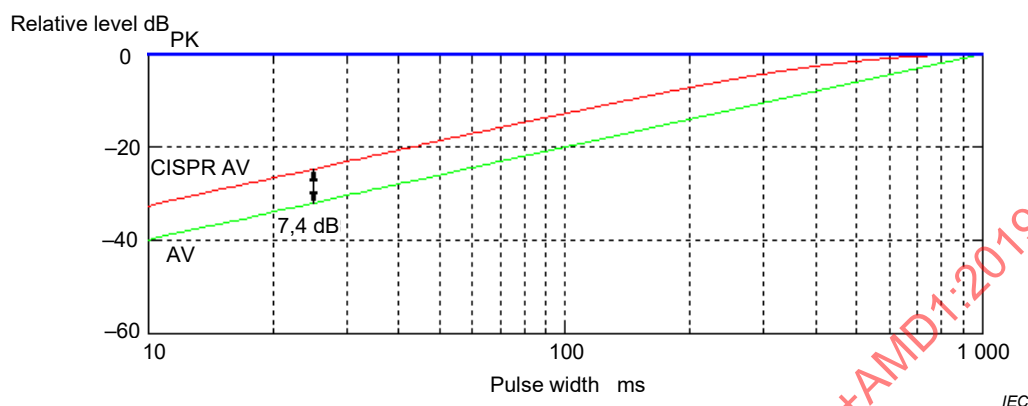


Figure C.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms

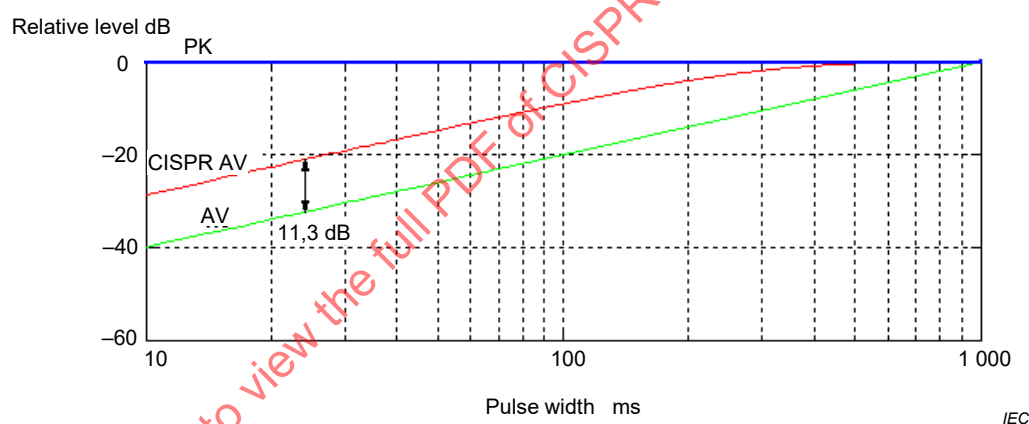


Figure C.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms

C.4 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements

When measuring EUTs that do not emit slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, it is recommended to measure with the average detector using a video filter bandwidth of e.g. 100 Hz, i.e. a short averaging time during a pre-scan procedure. At frequencies where the emission is found to be close to the average limit, it is recommended to make a final measurement using a lower video filter bandwidth, i.e. a longer averaging time. (For the pre-scan/final measurement procedure, see also Clause 8).

For slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred method.

Annex D (informative)

Explanation of the APD measurement method applying to the compliance test

One of the following two methods is used when the APD measurement is applied for a compliance test. Figure D.1 and Figure D.2 illustrate the specifics of the APD measurement methods, involving the measurement of the level of disturbance (i.e. Method 1, see 7.6.6.3.2) and the measurement of the probability (i.e. Method 2, see 7.6.6.3.3), respectively.

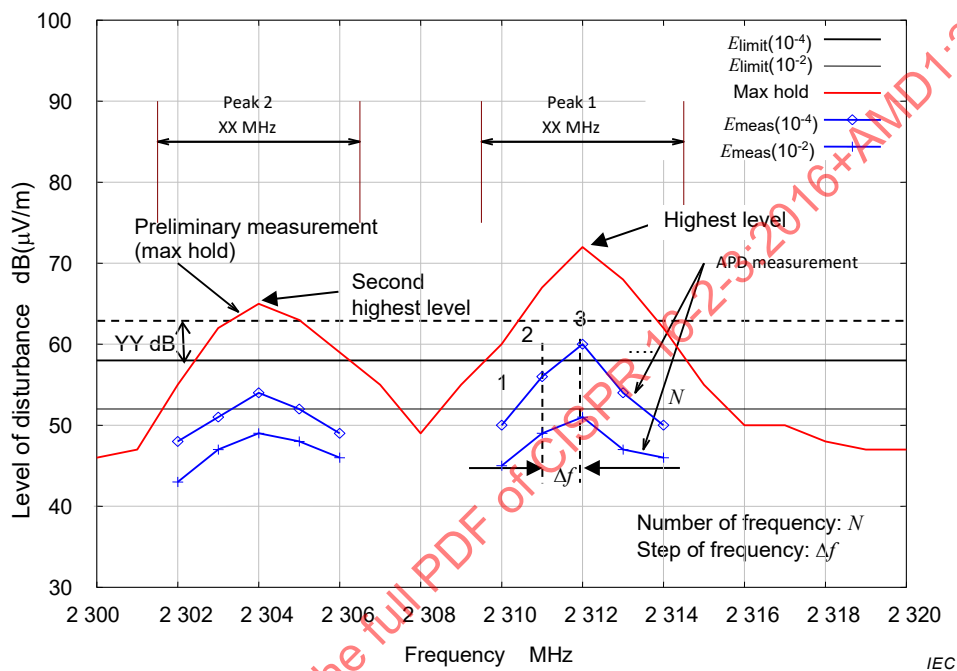


Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances

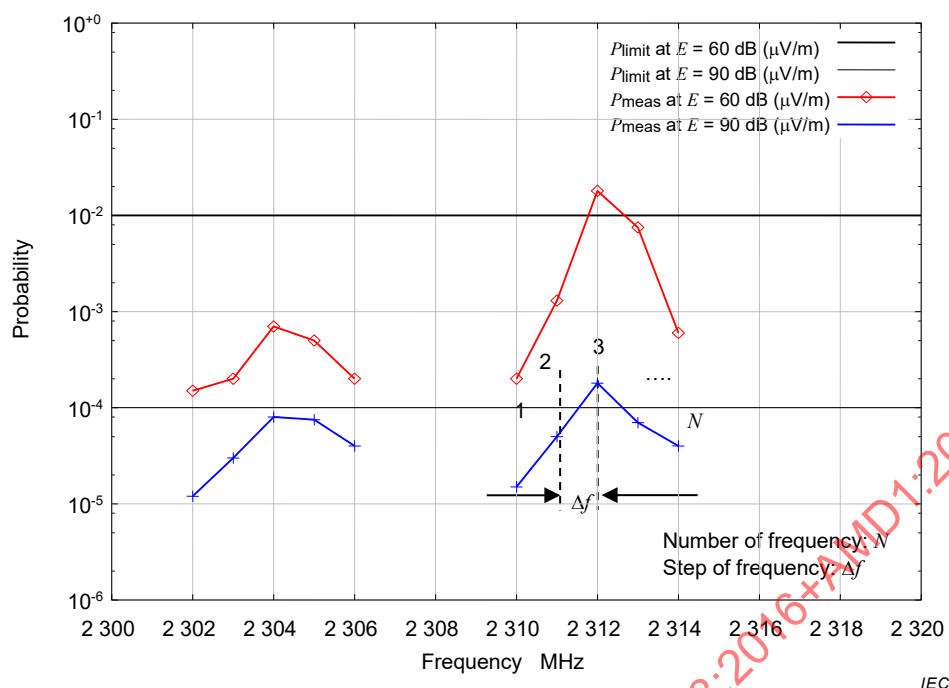


Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances

If the preliminary measurement results, obtained by using the maximum-hold display mode and peak detection, exceed the specified APD limit (the higher limit should be used if two APD limits apply) by YY dB at certain frequencies, then the APD measurement should be performed at these identified frequencies. The value YY dB is to be specified by the relevant product committee (e.g. $YY = 5, 10$, etc.).

In case of fluctuating disturbances, the product committee should specify the frequency range XX ($= \Delta f \times N$) MHz in which the APD measurements are to be performed, where Δf is the frequency step size and N is the number of frequencies. This frequency range should be specified according to the characteristics of the product.

As a first step, XX is determined by the preliminary measurement results. Then, Δf should be equal to the resolution bandwidth ($\text{RBW} = 1 \text{ MHz}$ for measurements above 1 GHz) of the spectrum analyzer. However, all frequencies that have an APD value within approximately 6 dB of the APD limit may require further investigation with a smaller frequency step size (i.e. $B_6/2$, where B_6 is the 6-dB bandwidth of the spectrum analyzer). RBW of the spectrum analyzer for measurements above 1 GHz is defined by the impulse bandwidth B_{imp} rather than the 6-dB bandwidth B_6 . The relation between B_{imp} and B_6 is dependent upon the filter type, and cannot be generalized. If B_{imp} can be approximated to B_6 , then the smaller frequency step size $B_6/2$ is recommended to be $B_{\text{imp}}/2$ (i.e. $0,5 \text{ MHz}$) for measurements above 1 GHz . Finally, N is determined from the values of XX and Δf .

Annex E (normative)

Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests

The user of a spectrum analyzer shall be able to demonstrate, either through specifications from the manufacturer or by measurement, that the analyzer meets the quasi-peak detection requirements for pulse-repetition frequencies greater than 20 Hz in the frequency range of use. For the average detector the response to pulses is called out in CISPR 16-1-1.

Since the measurement of the pulse repetition frequency of an emission may not always be possible, a simple method to verify the validity of the quasi-peak measurement shall be applied when a spectrum analyzer is used. This method is based on a comparison of measurement results with the peak and quasi-peak detectors. From the quasi-peak weighting functions, the amplitude differences shown in Table E.1 are the results of measurements for a signal with a pulse repetition frequency of 20 Hz.

Table E.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals

Band A	Band B	Bands C and D
7 dB	13 dB	21 dB

The comparison measurement is to be made at signal frequencies that show an amplitude close to the applicable limit in quasi-peak detection. If the difference between the peak and quasi-peak detected amplitude is smaller than the value in Table E.1 the quasi-peak measurement is valid and the result obtained with a spectrum analyzer can be used to demonstrate compliance. If the amplitude difference is larger than the stated values in Table E.1 a measuring receiver that fully complies with the low-PRF requirements of CISPR 16-1-1 is to be used for the quasi-peak measurement instead of a spectrum analyzer. This comparison measurement requires an adequate signal-to-noise ratio to ensure proper results.

Annex F (informative)

Background for EUT-volume specifications depending on measurement distance and frequency range

F.1 General

The following four criteria limit the EUT volume depending on measurement distance and frequency range:

- limitation of field-strength underestimation effects when making radiated disturbance measurements at a short distance for an EUT with a given EUT volume diameter, compared to measurements of the same EUT at the protection distance;
- limitation due to near-field effects;
- limitation due to the receive antenna beamwidth;
- limitation due to the results of test-site validation.

The criterion yielding the smallest volume for each frequency range shall be applied.

Regarding the criteria for the specification of EUT volumes in 7.1, except for 7.1.2.1 a) and c), background is provided in Clauses F.2, F.3, F.4 and F.5.

NOTE In case of the LLAS, the TEM waveguide and the reverberation chamber, the restrictions are not based on the same criteria as for the other test methods.

F.2 Criterion 1 – Limitation of field-strength underestimations due to a large ratio of EUT volume diameter-to-measurement distance for short-distance measurements

F.2.1 General

Disturbance measurements performed at short distances are intended to support demonstrating compliance to a disturbance limit at the protection distance. The protection distance is the distance for which the radiated disturbance limit was originally developed. Here it is assumed that the protection distance for the frequency range 9 kHz to 30 MHz is 30 m, and for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz is 10 m. Test configurations with distances of 3 m (for 9 kHz to 1 000 MHz) and 10 m (for 9 kHz to 30 MHz) are alternative test configurations that were developed for ease of testing.

Results with an alternative test method need to be comparable with the results of established test methods. A good example of field strength conversion for the frequency range 9 kHz to 30 MHz is given in [19], [20]. CISPR TR 16-4-5 describes conditions for the use of alternative test methods; however, it does not contain any considerations for large EUTs nor near-field effects, and the examples in its Annex B are limited to small EUTs.

F.2.2 9 kHz to 30 MHz

Below about 1,6 MHz at the protection distance of 30 m, the measurement antenna is in the reactive near field of the EUT, and the magnetic field strength decreases proportionally to $1/d^3$. For the distance of 10 m, the measurement antenna is in the reactive near field at all frequencies below about 4,8 MHz, while for the 3 m distance the measurement antenna is in the reactive near field of the EUT for all frequencies below about 16 MHz.

For an example EUT volume diameter of 3 m, rotated around its centre, a radiating source located at the EUT centre is 31,5 m away from the receive antenna when the EUT is measured at the protection distance of 30 m. Assuming that the field strength measured at 30 m from the boundary of the EUT is equal to the applicable limit at 30 m, the field strength from the radiation source located at the EUT centre will be 1,3 dB above this limit. In case of a 3 m measurement distance, under similar assumptions (i.e. 3 m EUT volume diameter, with measured field strength equal to the limit value) the field strength from the radiating source at the centre of the EUT will be 10,6 dB above the limit (the 3 m limit, in this case). This represents a 9,3 dB increase in the difference between measured field strengths originating from the EUT centre versus the EUT boundary, when measurements are performed at 3 m, compared to the level of this difference for the 30 m measurement distance.

It should be noted that the 10,6 dB (or 9,3 dB) amount contributes to the uncertainty of the conversion factor from 30 m to 3 m with a maximum EUT volume diameter of 3 m. If the EUT volume diameter is 1,5 m, then the field strength underestimation effect for a worst-case location of the radiating source at the EUT volume centre for a measurement distance of 3 m when compared to the protection distance of 30 m is 5,2 dB (still a high amount). In this case it is proposed to accept 5 dB as a compromise, i.e. to accept 1,5 m as EUT volume diameter. Insisting on a value of 1 dB would require an EUT diameter of less than 0,3 m, which is not acceptable.

A solution for a larger EUT volume diameter (e.g. 3 m) in this frequency range is presented in [18], along with a conservative approach for the determination of disturbance limits for 3 m measurement distance.

F.2.3 30 MHz to 1 000 MHz

In this frequency range measurements at 3 m and 5 m distances are alternative test methods, i.e. alternative to the established test method with 10 m distance.

For the comparison it is assumed that the measurements happen under – or close to – far-field conditions. If the EUT volume has 3 m diameter, then for a 3 m measurement distance a radiator at the centre has a separation distance of 4,5 m, which reduces the measured field-strength value at the antenna location by an amount of 3,5 dB below the value that would be measured by the receive antenna if the same radiator was at the boundary of the EUT volume.

Compared to the situation for 10 m measurement distance, where the EUT volume centre is 11,5 m away from the antenna, the radiation from the centre is reduced by an amount of 2,3 dB when the EUT volume has 3 m diameter at 3 m measurement distance. If the EUT volume has 1,5 m diameter, this effect is reduced to approximately 1,3 dB. Similar considerations apply if large EUTs, e.g. diameter of 10 m, are measured at 10 m distance. In this case, product committees need to consider that a radiation source in the centre will be up to 15 m away from the receive antenna.

NOTE The radiating source at the centre of the EUT does not represent the worst case for this particular effect. The worst case scenario can be a directive radiating source at higher frequencies radiating towards the centre of the EUT volume, which faces the measurement antenna when that source is farthest from the EUT.

F.2.4 1 GHz to 18 GHz

According to 7.6.2 of this document, the preferred measurement distance above 1 GHz is 3 m. Also 5.7 of CISPR TR 16-4-4:2007 [16] uses the distance of 3 m for limit calculations (comparison with disturbance power). As explained in F.3.4, EUTs will normally be too large to satisfy the near-field condition not exceeding deviations of 1 dB at 3 m distance. Thus when the EUT fits into the 3 dB beamwidth of the measurement antenna at 3 m distance (see 4.6.1 of CISPR 16-1-4:2019 and see Criterion 3), then the measurement is valid despite near-field effects. Otherwise the measurement distance shall be extended to 5 m or up to a maximum of 10 m, so that the antenna beamwidth can encompass the EUT. In all cases the test volume shall comply with the validation criteria at the final measurement distance.

F.3 Criterion 2 – Limitation due to near-field effects

F.3.1 General

Two cases are considered for near-field effects, based on dimensions relative to the wavelength of both the measurement antenna and the radiating source within the EUT: frequency ranges and EUTs where the near field is defined as $d < \lambda$, and frequency ranges and EUTs where the near field is defined as $d < D^2/(2\lambda)$. Further details are given in F.3.2 through F.3.4.

NOTE In most cases only the EUT and its dimensions are known, whereas the radiating source location and dimensions within the EUT cannot be identified.

F.3.2 9 kHz to 30 MHz

In this frequency range, any radiating source portion of the EUT is electrically small relative to the wavelength. As such, the boundary between the reactive near field and the radiative near field will be at a distance of $\lambda/2\pi$ from the EUT, while the boundary between the radiative near field and the far field will be at a distance of λ from the EUT. Below about 1,6 MHz the receive antenna is in the reactive near field of the EUT at all measurement distances, i.e. 3 m, 10 m, and 30 m. Between about 1,6 MHz and 10 MHz at a 30 m measurement distance, between about 4,8 MHz and 30 MHz at a measurement distance of 10 m, and above about 16 MHz at a measurement distance of 3 m, the receive antenna is in the radiative near field of the EUT. At and above 10 MHz (for 30 m distance) as well as at 30 MHz (for 10 m distance), the receive antenna is in the far field of the EUT. For the 3 m distance, the receive antenna is in the radiative near field of the EUT for all frequencies between 16 MHz and 30 MHz; in this case, the far field conditions start only at 100 MHz. Radiated disturbance limits (magnetic field strength) are defined for various measurement distances taking the frequency-dependent conversion factors from the protection distance into account.

Limitations of EUT volumes based on Criterion 1 take near-field effects into consideration. Any deviation from a specified measurement distance should be avoided in actual measurements. Any deviation from the specified measurement distance will have to be considered in the uncertainty analysis. For *in situ* measurements disturbance limits at varying distances can be found using 7.7 of this document.

NOTE Requirements and validation methods for test sites below 30 MHz are in preparation.

F.3.3 30 MHz to 1 000 MHz

The distance of 10 m is the protection distance for equipment to be used in residential locations, which means that equipment of any size should be measurable at 10 m distance, because this is a preferred distance. Equipment to be used in residential locations is typically smaller than equipment to be used in industrial locations. The protection distance for equipment to be used in industrial locations is 30 m. However, despite that the 30 m OATS is specified in CISPR 16-1-4, equipment that is intended to be used in industrial locations and is larger than $D = 3$ m cannot be restricted to be measured exclusively at 30 m distance. The measurand is defined for a 10 m distance at the OATS/SAC in 7.3.1 of this document. The 10 m measurement method is the established test method in CISPR TR 16-4-5. However, the near-field criterion applies for measurement distances of 3 m and 5 m, because the conversion of disturbance limits for alternative test methods works only for sufficiently small equipment.

The inequality given in 7.3.4 used to determine the minimum measurement distance depending on the EUT volume diameter D is:

$$d \geq \frac{D^2}{2\lambda} \quad (\text{F.1})$$

According to Silver [23], Equation (F.1) applies for far-field requirements of aperture antenna pattern measurements. Reference [23] explains the background as follows.

The antenna gain G measured at a distance d is given by

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \left(\frac{\sin x}{x} \right)^2, \text{ where } x = \frac{ka^2}{4d} \text{ with } k = 2\pi/\lambda \text{ and } a = D/2, A = \text{aperture}$$

In CISPR field-strength measurements, primarily the amplitude is of interest, which is represented by the factor $(\sin x/x)^2$ expressing the ratio of the gain G measured at distance d to the gain G_0 of the true Fraunhofer field at infinity. The values of the gain ratio G/G_0 for three cases are:

$$\text{for } d = 2D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,99 = -0,04 \text{ dB}$$

$$\text{for } d = D^2/\lambda \quad G/G_0 = 0,94 = -0,27 \text{ dB}$$

$$\text{for } d = D^2/2\lambda \quad G/G_0 = 0,81 = -0,91 \text{ dB}$$

This means that Equation (F.1) includes amplitude deviations from far field due to near-field effects close to 1 dB. The values in the first two rows of Table F.1 have been derived using Equation (F.1).

Table F.1 – Maximum EUT volume diameters ($D_{\max}$) and heights ($h_{\max}$) per Formula (F.1) for various measurement distances (d)

d/m	3	5	10	30
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ at 500 MHz	1,9	2,45	3,46	6,0
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ at 1 000 MHz	1,34	1,73	2,45	4,24
$D_{\max}/\text{m} = h_{\max}/\text{m}$ recommended	1,5	2,0	3,0 ^a	-
^a Recommended maximum volume for a FAR as an alternative test method				

For its applicable conditions, Equation (F.1) gives a value of $D = 1,34$ m at a measurement distance of 3 m at 1 000 MHz, which is close to a diameter and a height of 1,5 m. However, for an OATS/SAC it shall be taken into account that the EUT height is doubled due to the image of the EUT in the ground plane. A diameter of 1,5 m and a height of 1,5 m at 3 m distance are compromises. Actually the EUT is not 3 m high, but it is an EUT of 1,5 m height mutually coupled with its image in the ground plane. During the antenna height scan at 3 m distance, the maxima found may be different from those found at 10 m distance.

The uncertainty due to the near-field effect for the doubled EUT height needs to be evaluated. It should be noted that comment D3) in Annex D of CISPR 16-4-2:2011 calculates a correction factor and uncertainty contribution at 3 m measurement distance due to the antenna directivity based on an EUT height of 1,5 m. However, U_{CISPR} does not take into account any uncertainty due to near-field effects, which means that the uncertainty due to near-field effects is unknown at 3 m measurement distance. Above about 300 MHz, the cable length contributing to the EUT volume may be assumed to be reduced to less than one wavelength λ (see Garbe [22]).

NOTE The image effect can be avoided by making measurements in a FAR. A FAR has the following several advantages over test sites with a reflecting ground plane:

- a FAR avoids doubling the EUT height due to the absence of a ground plane;
- tilting directive antennas is not needed;
- no antenna height scan is needed;

- free-space antenna factors apply, i.e. no mutual coupling with the ground plane;
- near-field effects contribute less than 1 dB to measurement uncertainty.

At the low end of the 30 MHz to 1 000 MHz frequency range, i.e. at 30 MHz, the analysis in Figure C.4 of CISPR 16-1-6:2014 (repeated as Figure F.1) provides a rationale for the expectation that the deviation due to near-field effects for small EUTs is less than 1 dB at a measurement distance of 3 m. CISPR 16-1-6:2014 Equation (C.17) applies to far-field, and Equation (C.31) to near-field conditions. Also, AFs deviate from free-space AFs in the near field (see Figure F.2).

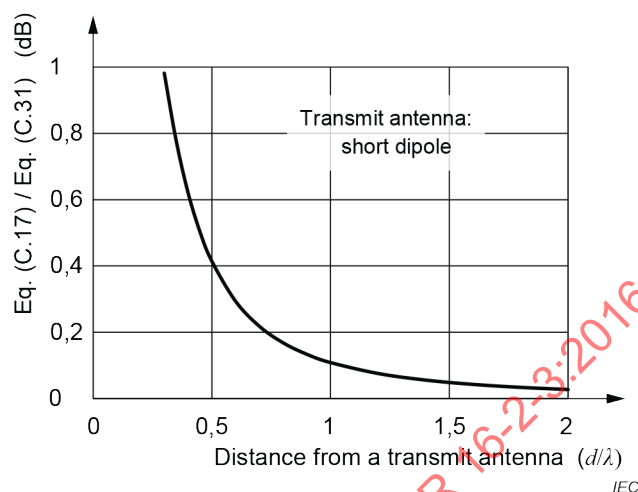


Figure F.1 – Comparison of field strength given by Equation (C.17) of CISPR 16-1-6:2014 versus near-field region given by Equation (C.31) of CISPR 16-1-6:2014

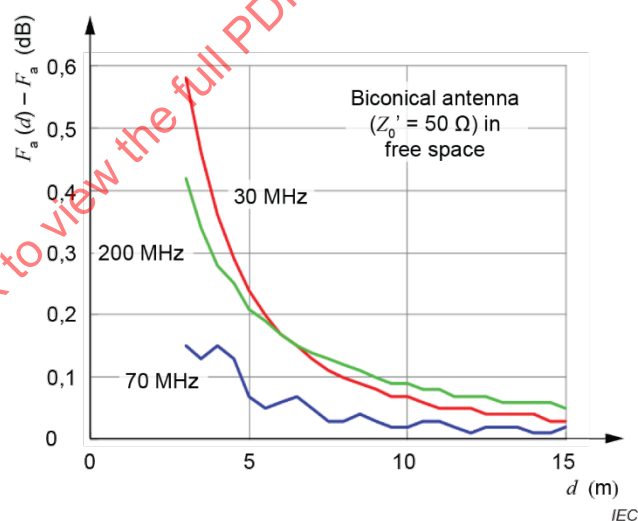


Figure F.2 – Deviation of near-field AFs from free space AFs of a biconical antenna (from Figure C.5.b) of CISPR 16-1-6:2014)

F.3.4 1 GHz to 18 GHz

Above 1 GHz the application of Formula (F.1) to the EUT volume leads to very small EUT volumes; e.g. at 6 GHz and 3 m distance, the EUT volume diameter and height would be limited to 0,5 m rather than 1,4 m. Subclause 7.6.2 says “dominant components of the EUT disturbance signals may be assumed to be incoherent and radiated from a point source,” which is the reason why in this frequency range the quantity D is applied only to the dimensions of the receive

antenna. However the statement “the antenna beam shall encompass the EUT” still applies (see F.4.4).

NOTE An assumption that an EUT can be represented as a group of point sources has not been proven.

In addition, above 1 GHz the principle of a preferred measurement distance applies, which is 3 m, and the disturbance limit applies for this distance. Any deviations from this measurement distance shall be checked carefully because the inverse distance law for the correction of disturbance limits does not apply for EUTs exceeding the far-field condition. CISPR 16-4-2 does not consider near-field effects for measurements at the preferred distance; however, near-field effects increase with larger EUTs. That is the reason why an EUT volume of 1,5 m by 1,5 m is recommended as maximum size at 3 m measurement distance despite that antenna beamwidths in Table 5 allow EUT volume diameters and heights of 3 m by 3 m up to about 6 GHz. Also, if an EUT volume of 1,5 m by 1,5 m is reasonable below 1 GHz, then it should not be larger above 1 GHz. The uncertainty due to near-field effects in this frequency range can be a subject for further study by CISPR/A.

F.4 Criterion 3 – Limitation due to receive antenna beamwidth

F.4.1 General

Scanning an antenna whose HPBW does not fully encompass the EUT across the EUT in steps of the antenna beamwidth during actual measurements leads to an increased standards compliance uncertainty (SCU), because some antennas can cover the EUT radiation fully, while others cover the EUT radiation only partially. Therefore, the operator needs to know the HPBW (3 dB antenna beamwidth) so that the EUT is fully encompassed.

Ideally the combined radiation from all parts within an EUT volume should be measured in the far-field, i.e. in the Fraunhofer region. If the receive antenna is closer than this far-field distance, i.e. in the Fresnel region, the rays from the parts of the EUT can be out of phase; in the extreme case the radiation can appear to be suppressed, with the danger of passing an EUT that should have failed the radiated disturbance measurement. If the entire EUT volume is not encompassed by the HPBW, and therefore the EUT is measured in separate height steps, the measured electric field strength may not represent the true combination of all components at the test point; thus the resultant disturbance field strength will not be known. Height stepping is more akin to using a field probe to “sniff” the radiation close to the EUT. Sniffing is useful in that it identifies the presence of radiation and its frequency, but it is an inaccurate measure of the magnitude of the resultant radiation at the limit distance.

F.4.2 9 kHz to 30 MHz

The directivity (and beamwidth) of the receive loop antenna is normally not a strong limiting factor for the EUT volume.

NOTE Methods of measurement of radiated disturbance in this frequency range are in preparation.

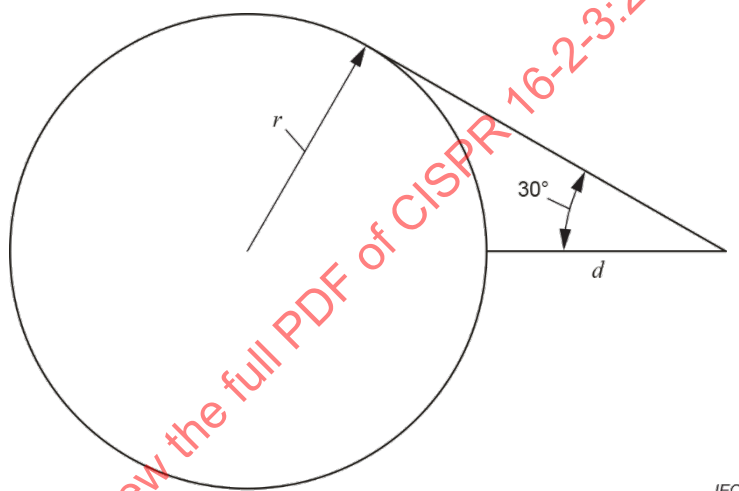
F.4.3 30 MHz to 1 000 MHz

The directivity of the measurement antenna is an influence factor for the uncertainty of radiated disturbance measurements. The entire EUT and its image in the ground plane (except when testing in a FAR) shall be encompassed by the receive antenna HPBW. In the frequency range up to 1 000 MHz, the narrowest antenna beam is the E-plane beam of an LPDA antenna (the beamwidth of a biconical antenna is wider). The typical 3 dB beamwidth (E-plane HPBW) of an LPDA antenna is 60° ($2 \times 30^\circ$). If the 3 dB beamwidth defines the diameter of the test volume, then for $d = 3$ m, the EUT volume diameter can be as large as 6 m ($r = d$; see Figure F.3). An EUT volume diameter of 6 m is four times larger than the 1,5 m diameter established by the limitation of near-field effects.

The EUT volume specification shall also include the maximum EUT height. At 3 m distance a beamwidth of 60° means EUT heights of $\pm 1,73$ m above and below the antenna axis if the antenna is pointing in the horizontal direction. Therefore, if the antenna is not tilted and it is instead kept parallel to the ground at all heights, it will not be able to encompass both the EUT and its image in the ground plane within the antenna beamwidth for most, if not all, of the heights within an applicable height scan range of 1 m to 4 m. The antenna factor applies for the boresight of the antenna and the maximum of the radiation pattern. The full EUT can only be seen if the antenna is tilted towards the point where the EUT touches the ground plane. Some manufacturers are providing antenna towers with optimum tilting angle as shown in Figure F.4 b).

With antenna tilting such that its boresight direction is always oriented towards the point where the EUT touches the ground plane, and assuming a HPBW of 60° for a 3 m measurement distance, the EUT is within the HPBW if its height does not exceed approximately 1,6 m.

This analysis of antenna directivity effects shows that the EUT height specification for an OATS/SAC is more critical than the EUT volume diameter specification, but still the limitation of near-field effects requires smaller EUT heights. When EUTs cannot comply with the EUT volume limits in Table 10, measurements at a larger distance, up to 10 m, may be made by changing the position of the receive antenna.



IEC

Figure F.3 – Radius r of the test volume for a given distance d and antenna beamwidth of 60°

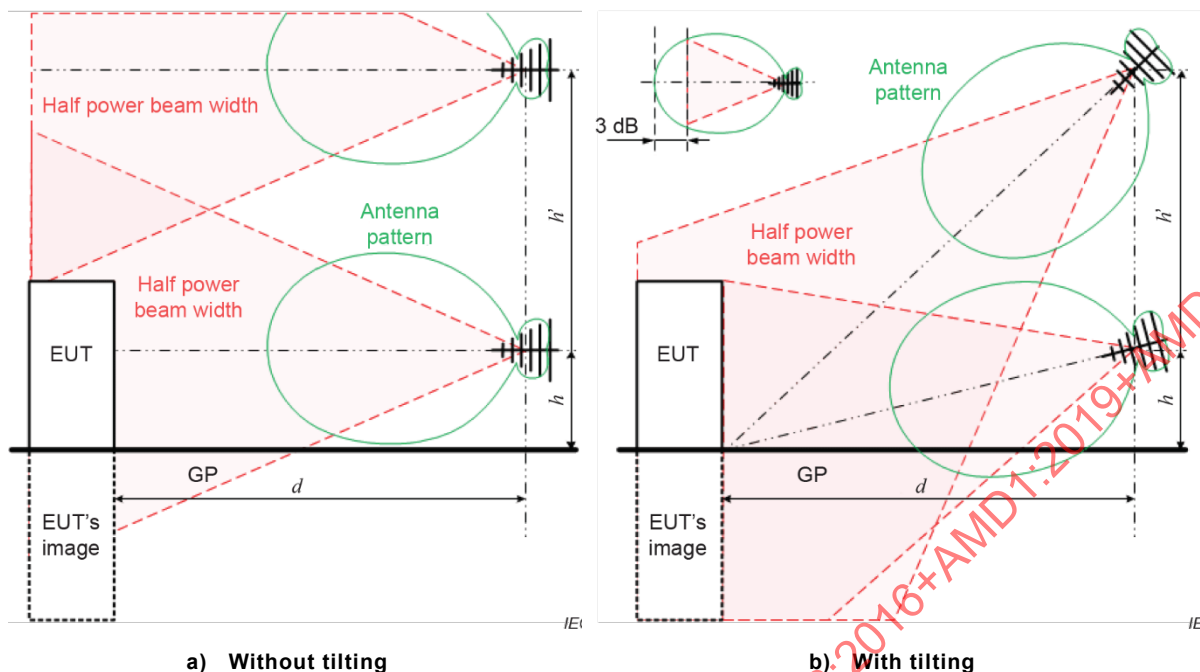


Figure F.4 – Effect of antenna directivity

F.4.4 1 GHz to 18 GHz

The requirement for the antenna HPBW to encompass the EUT is contained in 7.6.6.1 of this document, and in CISPR 16-1-4 (see F.2.4). Table 5 of this document gives values for EUT volume diameter and height for three types of antennas. EUT maximum width w and height h are calculated from receive antenna HPBW and measurement distance using Equation (13). An example of HPBW in degrees is also given in Figure F.5.

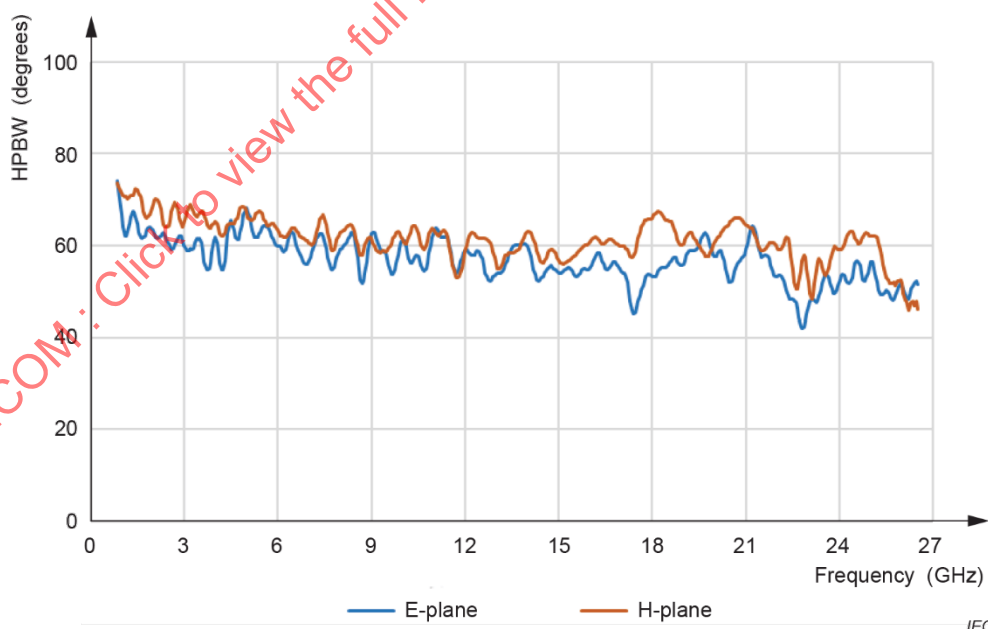


Figure F.5 – HPBW (E-plane/H-plane) of a V-type LPDA antenna

For larger measurement distances, the disturbance limit may be reduced assuming far-field conditions using the equation $L_2 = L_1 + 20 \lg(d_1/d_2)$, where L_1 is the limit at the standard distance $d_1 = 3$ m, and L_2 is the limit at the distance d_2 chosen. The reduction for $d_2 = 5$ m is $-4,4$ dB,

and for $d_2 = 10$ m the reduction is $-10,5$ dB. Where an applicable jurisdiction does not allow modification of the disturbance limit, instead measurement results may be corrected using $M_1 = M_2 + 20 \lg(d_2/d_1)$, where M_1 is the corrected measurement result to be compared with the limit L_1 at the standard distance, and M_2 is the result measured at d_2 . The correction for $d_2 = 5$ m is $4,4$ dB and for $d_2 = 10$ the correction is $10,5$ dB.

Due to the reduced limits, the noise levels will be closer to the disturbance limits; or if the measurement results are corrected rather than the limits reduced, measurement results at d_2 will be closer to the noise level. Figure F.6 shows a system block diagram consisting of preamplifier and measuring receiver. Note that a larger margin between noise level and limit occurs with a peak detector, because the peak detector limit is 20 dB higher than the average detector limit, and the peak detector noise level is typically 12 dB higher than the average detector noise level. The noise level E_N in dB(μ V/m) is calculated using Equation (F.2) and Equation (F.3):

$$E_{Nav} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Nav} + F_a \text{ (average detector)} \quad (F.2)$$

$$E_{Npk} = -67 + 10\lg F_{tot} + 10\lg B_N + w_{Npk} + F_a \text{ (peak detector)} \quad (F.3)$$

where $10\lg F_{tot}$ is the noise figure of the receiving system, given by Equation (F.4),

$$10\lg F_{tot} = a_{c1} + 10\lg[F_1 + (F_2 - 1)/10^{(a_{c1} - a_{c2})/10}] \quad (F.4)$$

and

F is the noise factor (for the preamplifier F_1 , for the receiver F_2), with $10\lg F$ = noise figure (sometimes written using symbol NF);

B_N is the noise bandwidth of the receiver in Hz (a value of $0,707$ MHz for a 1 MHz Gaussian filter is used);

w_{Nav} is either w_{Nlinav} or w_{Nlogav} , as applicable

w_{Nlinav} is the noise weighting factor for the linear average detector (typically -1 dB)

w_{Nlogav} is the noise weighting factor for the log. average detector (typically $-2,5$ dB)

w_{Npk} is the noise weighting factor for the peak detector (typically 11 dB)

F_a is the antenna factor (an antenna with an average gain of $8,5$ dB was assumed, which leads to antenna factors of approximately 22 dB(m^{-1}) at 1 GHz, 37 dB(m^{-1}) at 6 GHz and 47 dB(m^{-1}) at 18 GHz)

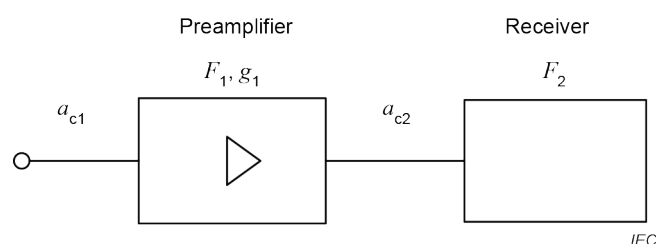


Figure F.6 – Measuring receiver with external preamplifier

Figure F.7 shows the noise level with a linear average detector compared to the disturbance limit of CISPR 32 [17] at 3 m, 5 m, and 10 m distances.

NOTE 1 The system noise figure of 4 dB used in Figure F.7 can be achieved assuming a receiver noise figure of $10\lg F_2 = 10,5$ dB and an attenuation $a_{c2} = 3$ dB at 6 GHz of a 10 m cable (low loss flexible type LMR 500) with an external preamplifier gain $G_1 = 16$ dB and noise figure $10\lg F_1 = 3$ dB close to the antenna ($a_{c1} = 0$ dB) using Equation (F.4), where the preamplifier gain is corrected using $g_{1\text{corr}} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, i.e. the cable attenuation reduces the preamplifier gain by 3 dB.

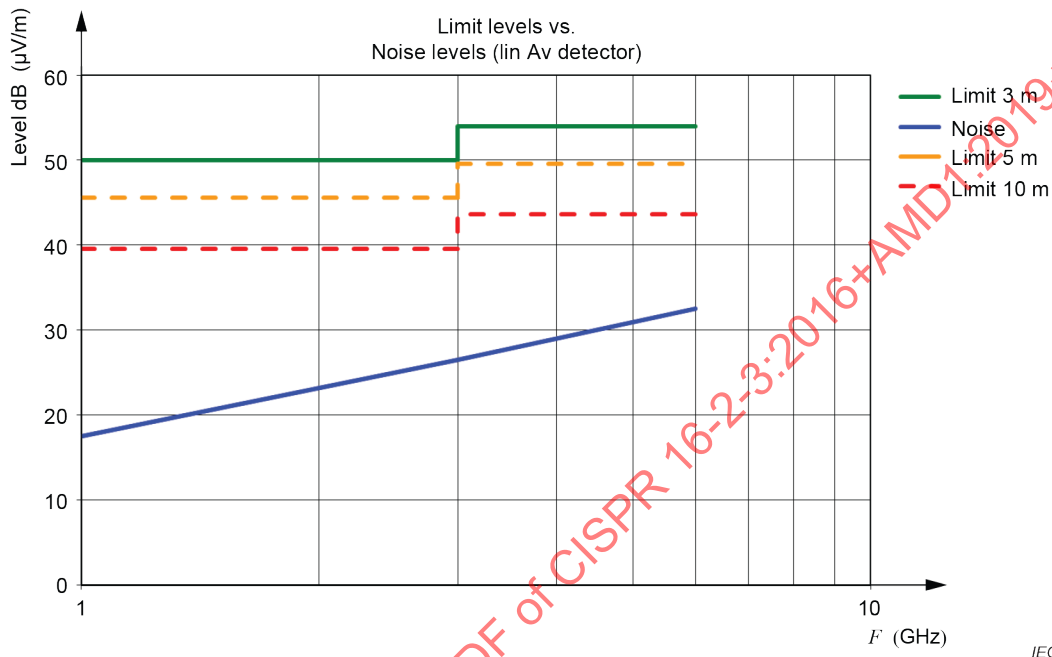


Figure F.7 – Noise level $E_{N\text{linav}}$ (example for $10\lg F_{\text{tot}} = 4$ dB) compared with the disturbance limit $E_{L\text{av}}$ for the linear average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 6 GHz

Figure F.8 shows the noise level with a logarithmic average detector (called “weighted measurements”) compared to the disturbance limit of Table 14 of CISPR 11:2015 [15] at 3 m, 5 m, and 10 m distances.

NOTE 2 The system noise figure of 4 dB used in Figure F.8 can be achieved assuming a receiver noise figure of $10\lg F_2 = 20$ dB and an attenuation $a_{c2} = 6,8$ dB at 18 GHz of a 10 m cable (low loss type HF-290) with an external preamplifier gain $G_1 = 27$ dB and noise figure $10\lg F_1 = 3$ dB close to the antenna ($a_{c1} = 0$ dB) using Equation (F.4), where the preamplifier gain is corrected using $g_{1\text{corr}} = 10^{(G_1 - a_{c2})/10}$, i.e. the cable attenuation reduces the preamplifier gain by 6,8 dB.

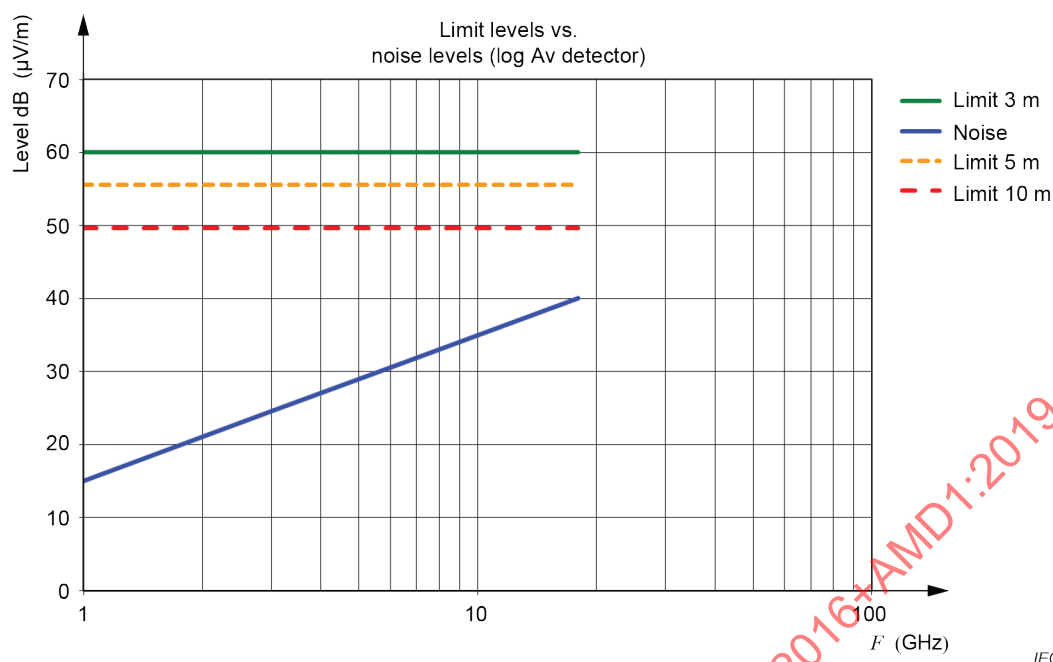


Figure F.8 – Noise level E_{Nlogav} (example for $10lgF_{tot} = 4$ dB) compared with the disturbance limit E_{Lav} for the logarithmic average detector for 3 m, 5 m, and 10 m distances in the frequency range 1 GHz to 18 GHz

F.5 Criterion 4 – Limitation due to the results of test site validation

F.5.1 General

Test site validation determines the test volume; i.e an EUT volume cannot be larger than the test volume established by the site validation measurement results.

F.5.2 9 kHz to 30 MHz

The site validation procedures are under development.

F.5.3 30 MHz to 1 000 MHz

The distance, quality, and reflectivity of the absorbing material around the EUT limits the test volume. NSA and RSM site validation methods for the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz in CISPR 16-1-4 require that the measured site attenuation (SA) between two antennas does not deviate from the ideal SA by more than a specified tolerance. In this frequency range the validation procedures permit any test volume diameters, which are limited only by the chamber dimensions with SAC and FAR, or by the sizes of the ground plane and obstruction-free area with OATS. The validation procedures can be adapted for larger test volume heights than presently given in CISPR 16-1-4. No consideration is made for near-field effects between the antenna pairs. Also the antenna directivity does not limit the test volume, because the antennas are always directed towards each other.

F.5.4 1 GHz to 6 GHz or to 18 GHz

Above 1 GHz, the S_{VSWR} method requires that the test volume of an absorber-lined OATS/SAC meets the criteria of CISPR 16-1-4. The latter includes the requirement that the test volume is encompassed by the receive antenna beamwidth.

Bibliography

- [1] CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [2] 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*
- [3] CISPR TR 16-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
CISPR TR 16-3:2010/AMD1:2012
CISPR TR 16-3:2010/AMD2:2015
- [4] CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [5] IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
- [6] ISO/IEC Guide 2:2004, *Standardization and related activities – General vocabulary*
- [7] ISO/IEC 17000:2004, *Conformity assessment – Vocabulary and general principles*
- [8] IEC 61000-4-21, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*
- [9] ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
- [10] IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*
IEC 60050-151:2001/AMD1:2013
IEC 60050-151:2001/AMD2:2014
- [11] Chen, Z., Foegelle, M.D. and Harrington, T., *Analysis of log periodic dipole array antennas for site validation and radiated emissions testing*, IEEE EMC Symposium, Seattle, 1999, p. 618-623
- [12] Ryser, H., *Motivation for the use of CMAD in radiated emission measurements (CMAD: Common mode absorption devices)*, Report 2007-218-630, Federal Office of Metrology (METAS), Bern-Wabern, Switzerland, 11 September 2007, available as a downloaded PDF from <http://www.metas.ch/2007-218-630>
- [13] IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*
- [14] IEC 60050-712:1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 712: Antennas*
- [15] CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [16] CISPR TR 16-4-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-4: Uncertainties, statistics and limit modelling –*

Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services

- [17] CISPR 32:2015, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*
- [18] CISPR/B/587A/INF: *Rationale for the limits for the magnetic field strength for class A, group 2 equipment measured on a test site in 3 m distance* (meanwhile confirmed in CISPR 11:2015 [15])
- [19] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., and Wittenburg, J., "Feldstärkeumrechnung von 30 m auf kürzere Meßentfernungen," *etz* Bd. 110, 1989, Heft 16, Seite 820 – 825. (available in German only)
- [20] Kaiser, J., Kohling, A., Probst, W., and Wittenburg, J., "Umrechnung der Funkstör-Feldstärke-Grenzwerte für 30 m Meßentfernung auf 3 m bzw. 10 m im Frequenzbereich unter 30 MHz", *Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV '90, Kongress Karlsruhe, Bundesrepublik Deutschland 13.-15. März 1990*, VDE-Verlag Berlin Offenbach. (English title "Conversion of the Radio Interference Field Strength Limit values for a Testing Distance from 30 m to 3 m or 10 m in the Frequency Range of 9 kHz to 30 MHz.")
- [21] Garbe H., and Battermann, S., "Converting Total Radiated Power Measurements to Equivalent E-Field Data," *IEEE Intl. Symposium on EMC*, Detroit, August 2008
- [22] Garbe, H., "How large is a large EUT? Influence of the DM-CM Conversion to Radiation," *Intern. Conf. on EMC 2009*, pp 677-680, Kyoto, Japan, July 2009
- [23] Silver, S., *Microwave Antenna Theory and Design*. First published in 1949 by McGraw-Hill Book Company Inc. Reprinted 1986
- [24] Fujii, K., Basic characteristics of magnetic field antenna factor of loop antennas for EMI measurements, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0102
- [25] Fujii, K., Effects of feed gap arrangements of loop antennas on site validation for EMI measurements below 30 MHz, *IEICE Communications Express*, DOI: 10.1587/comex.2022XBL0127

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	133
INTRODUCTION à l'Amendement 1	135
1 Domaine d'application	136
2 Références normatives	136
3 Termes, définitions et termes abrégés	137
3.1 Termes et définitions	137
3.2 Termes abrégés	144
4 Types de perturbations à mesurer	145
4.1 Généralités	145
4.2 Types de perturbations	145
4.3 Fonctions de détection	146
5 Connexion du matériel de mesure	146
6 Exigences et conditions générales de mesure	146
6.1 Généralités	146
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai	146
6.2.1 Généralités	146
6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité	147
6.3 Mesurage d'une perturbation continue	147
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	147
6.3.2 Perturbation continue à large bande	147
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation	147
6.4 Configuration et conditions de mesure de l'EUT	147
6.4.1 Configuration générale de l'EUT	147
6.4.2 Fonctionnement de l'EUT	150
6.4.3 Durée de fonctionnement de l'EUT	150
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable de l'EUT	150
6.4.5 Alimentation de l'EUT	151
6.4.6 Mode de fonctionnement de l'EUT	151
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples	151
6.4.8 Détermination de la ou des configurations provoquant des valeurs d'émission maximales	151
6.4.9 Enregistrement des mesurages	151
6.5 Interprétation des résultats de mesure	152
6.5.1 Perturbations continues	152
6.5.2 Perturbations discontinues	152
6.5.3 Mesurage de la durée d'une perturbation	152
6.6 Durées de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues	152
6.6.1 Généralités	152
6.6.2 Durées minimales de mesure	153
6.6.3 Vitesses de scrutation des récepteurs à scrutation et des analyseurs de spectre	153
6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier	155
6.6.5 Stratégies pour l'obtention d'une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête	155
6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	159
7 Mesurage des perturbations rayonnées	162

7.1	Généralités	162
7.1.1	Remarques générales et vue d'ensemble des méthodes d'essai	162
7.1.2	Vue d'ensemble des volumes maximaux d'EUT en fonction de la méthode de mesure, de la plage de fréquences et de la distance de mesure	164
7.2	Mesurages du système d'antenne-cadre (9 kHz à 30 MHz)	166
7.2.1	Généralités	166
7.2.2	Méthode générale de mesure	166
7.2.3	Environnement d'essai	167
7.2.4	Configuration du matériel en essai	167
7.2.5	Incertitude de mesure du système de grande antenne-cadre	168
7.3	Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (30 MHz à 1 GHz)	168
7.3.1	Mesurande	168
7.3.2	Exigences relatives à l'emplacement d'essai	171
7.3.3	Méthode générale de mesure	171
7.3.4	Distance de mesure	172
7.3.5	Variation de la hauteur d'antenne	173
7.3.6	Détails à fournir dans la spécification de produit	173
7.3.7	Instrumentation de mesure	175
7.3.8	Mesurages de l'amplitude de champ sur d'autres emplacements en extérieur	175
7.3.9	Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC	175
7.4	Mesurages en enceinte complètement anéchoïque (30 MHz à 1 GHz)	175
7.4.1	Installation d'essai et géométrie de l'emplacement	175
7.4.2	Position de l'EUT	178
7.4.3	Disposition et terminaison des câbles	179
7.4.4	Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque	180
7.5	Méthode de mesure des émissions rayonnées (de 30 MHz à 1 GHz) et méthode d'essai d'immunité aux rayonnements (de 80 MHz à 1 GHz) avec une installation d'essai commune en chambre semi-anéchoïque	180
7.5.1	Applicabilité	180
7.5.2	Définition du périmètre de l'EUT et distance de séparation antenne-EUT	181
7.5.3	Volume d'essai uniforme	182
7.5.4	Spécifications pour les installations d'essai communs pour les essais d'émissions/immunité de l'EUT	183
7.5.5	Incertitude de mesure pour une installation et une méthode d'émission/immunité communes	189
7.6	Mesurages en enceinte complètement anéchoïque et mesurages en OATS/SAC à revêtement absorbant (1 GHz à 18 GHz)	189
7.6.1	Mesurande	189
7.6.2	Distance de mesure	190
7.6.3	Installation et conditions de fonctionnement du matériel en essai (EUT)	190
7.6.4	Emplacement de mesure	191
7.6.5	Instrumentation de mesure	191
7.6.6	Mode opératoire de mesure	191
7.6.7	Incertitude de mesure de l'enceinte complètement anéchoïque	197
7.7	Mesurages <i>in situ</i> (9 kHz à 18 GHz)	198
7.7.1	Applicabilité et préparation à des mesurages <i>in situ</i>	198

7.7.2	Mesurages <i>in situ</i> d'amplitude du champ dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	199
7.7.3	Mesurages <i>in situ</i> d'amplitude du champ dans la plage de fréquences supérieures à 30 MHz	200
7.7.4	Mesurage <i>in situ</i> de la puissance perturbatrice apparente rayonnée avec la méthode de substitution	201
7.7.5	Documentation des résultats de mesure	204
7.7.6	Incertitude de mesure pour la méthode <i>in situ</i>	205
7.8	Mesurages de substitution (30 MHz à 18 GHz)	205
7.8.1	Généralités	205
7.8.2	Emplacement d'essai	205
7.8.3	Antennes d'essai	206
7.8.4	Configuration de l'EUT	206
7.8.5	Procédure d'essai	206
7.8.6	Incertitude de mesure pour la méthode de substitution	207
7.9	Mesurages en chambre réverbérante (80 MHz à 18 GHz)	207
7.10	Mesurages avec des guides d'ondes TEM (30 MHz à 18 GHz)	207
7.11	Mesurages sur emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (9 kHz à 30 MHz)	207
7.11.1	Mesurande	207
7.11.2	Exigences relatives à l'emplacement d'essai	208
7.11.3	Méthode générale de mesure	208
7.11.4	Distance de mesure et dimensions de l'EUT	210
7.11.5	Hauteur de l'antenne	211
7.11.6	Détails à fournir dans la spécification de la norme de produit	211
7.11.7	Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC	212
7.11.8	Mesurages de l'amplitude de champ à d'autres emplacements	212
8	Mesurage automatisé des émissions	212
8.1	Introduction – Précautions à prendre pour les mesurages automatisés	212
8.2	Procédure générale de mesure	212
8.3	Mesurages par préscrutation	213
8.3.1	Généralités	213
8.3.2	Détermination de la durée de mesure exigée	213
8.3.3	Exigences relatives à la préscrutation pour différents types de mesurages	214
8.4	Réduction des données	215
8.5	Maximisation des émissions et mesurage final	216
8.6	Post-traitement et rapport d'essai	217
8.7	Stratégies de mesure d'émissions avec des appareils de mesure à FFT	217
Annexe A (informative)	Mesurage des perturbations en présence d'émissions ambiantes	218
A.1	Généralités	218
A.2	Termes et définitions	218
A.3	Description du problème	218
A.4	Solution proposée	219
A.4.1	Vue d'ensemble	219
A.4.2	Prémesurage de l'EUT dans une chambre blindée	222
A.4.3	Méthode de mesure des perturbations de l'EUT en présence d'émissions ambiantes en bande étroite	223

A.4.4	Méthode de mesure de la perturbation de l'EUT en présence d'émissions ambiantes à large bande	227
A.5	Détermination de la perturbation de l'EUT dans le cas d'une superposition	229
Annexe B (informative)	Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation	234
B.1	Généralités	234
B.2	Surcharge	234
B.3	Essai de linéarité	234
B.4	Sélectivité	234
B.5	Réponse normale aux impulsions	234
B.6	Détection de crête	234
B.7	Vitesse de scrutation en fréquence	235
B.8	Interception du signal	235
B.9	Détection de la valeur moyenne	235
B.10	Sensibilité	236
B.11	Exactitude en amplitude	236
Annexe C (informative)	Vitesses de scrutation et durées de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne	237
C.1	Objet	237
C.2	Suppression des perturbations	237
C.2.1	Suppression des perturbations impulsives	237
C.2.2	Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique	238
C.2.3	Suppression de la modulation d'amplitude	238
C.3	Mesurage des perturbations à bande étroite faiblement intermittentes, instables ou variables	238
C.4	Procédure recommandée pour les mesurages automatiques ou semi-automatiques	240
Annexe D (informative)	Explication de la méthode de mesure de distribution de probabilité des amplitudes (DPA) appliquée à l'essai de conformité	241
Annexe E (normative)	Détermination de l'aptitude à l'emploi des analyseurs de spectre pour les essais de conformité	243
Annexe F (informative)	Informations contextuelles pour les spécifications relatives aux volumes d'EUT en fonction de la distance de mesure et de la plage de fréquences	244
F.1	Généralités	244
F.2	Critère 1 – Limitation des sous-estimations de l'amplitude du champ due à un rapport important diamètre volumique de l'EUT/distance de mesure pour des mesurages à courte distance	244
F.2.1	Généralités	244
F.2.2	De 9 kHz à 30 MHz	244
F.2.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	245
F.2.4	De 1 GHz à 18 GHz	246
F.3	Critère 2 – Limitation due aux effets du champ proche	246
F.3.1	Généralités	246
F.3.2	De 9 kHz à 30 MHz	246
F.3.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	247
F.3.4	De 1 GHz à 18 GHz	249
F.4	Critère 3 – Limitation due à la largeur de faisceau de l'antenne de réception	249
F.4.1	Généralités	249
F.4.2	De 9 kHz à 30 MHz	250
F.4.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	250

F.4.4	De 1 GHz à 18 GHz	251
F.5	Critère 4 – Limitation due aux résultats de la validation de l'emplacement d'essai	255
F.5.1	Généralités	255
F.5.2	De 9 kHz à 30 MHz	255
F.5.3	De 30 MHz à 1 000 MHz	255
F.5.4	De 1 GHz à 6 GHz ou à 18 GHz.....	256
	Bibliographie.....	257

Figure 1 – Mesurage d'une combinaison d'un signal en onde entretenue à bande étroite et d'un signal impulsif à large bande en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum	156

Figure 2 – Exemple d'analyse temporelle	157

Figure 3 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier.....	158

Figure 4 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission.....	159

Figure 5 – Scrutation par FFT en segments	161

Figure 6 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT	162

Figure 7 – Concept des mesurages des courants induits par un champ magnétique avec le système d'antenne-cadre.....	167

Figure 8 – Distance de mesure	169

Figure 9 – Distance de séparation par rapport au centre de phase d'une antenne LPDA.....	171

Figure 10 – Concept des mesurages de l'amplitude de champ électrique effectués sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) représentant les rayons directs et réfléchis arrivant sur l'antenne de réception	172

Figure 11 – Position d'un CMAD pour un matériel posé sur table sur un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC)	175

Figure 12 – Géométrie type d'une enceinte complètement anéchoïque, où a , b , c , e dépendent des performances de l'enceinte	176

Figure 13 – Installation type d'essai pour un matériel posé sur table dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque.....	177

Figure 14 – Installation type d'essai pour un matériel posé au sol dans le volume d'essai d'une enceinte complètement anéchoïque.....	178

Figure 15 – Positions des plans de référence pour l'étalonnage du champ uniforme (vue de dessus)	182

Figure 16 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table	186

Figure 17 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table – Vue de dessus.....	187

Figure 18 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol	188

Figure 19 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol – Vue de dessus.....	189

Figure 20 – Méthode de mesure au-dessus de 1 GHz, antenne de réception en polarisation verticale.....	192

Figure 22 – Détermination de la distance de transition.....	204

Figure 23 – Géométries d'installation d'essai dans le cas de la méthode de substitution pour: a) mesurage, b) étalonnage	206

Figure 25 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé sur table	209
Figure 26 – Concept de l'installation pour les mesurages de l'amplitude de champ magnétique effectués à un emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) pour l'EUT posé au sol	209
Figure 27 – Emplacement du point d'alimentation	210
Figure 24 – Processus de réduction de la durée de mesure	213
Figure A.1 – Organigramme de sélection des largeurs de bande et des détecteurs, et estimation des erreurs de mesure qui en résultent	221
Figure A.2 – Différence relative des amplitudes des émissions adjacentes lors des essais préliminaires	223
Figure A.3 – Perturbation par un signal non modulé (ligne en pointillés)	224
Figure A.4 – Perturbation par un signal modulé en amplitude (ligne en pointillés)	224
Figure A.5 – Indication d'un signal modulé en amplitude en fonction de la fréquence de modulation avec le détecteur de quasi-crête dans les bandes B, C et D CISPR	225
Figure A.6 – Indication d'un signal modulé en impulsions (largeur d'impulsion 50 μ s) en fonction de la fréquence de répétition d'impulsions avec des détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne	226
Figure A.7 – Perturbation par un signal à large bande (ligne en pointillés)	226
Figure A.8 – Perturbation du matériel en essai non modulée (ligne en pointillés)	227
Figure A.9 – Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai (ligne en pointillés)	228
Figure A.10 – Augmentation de la valeur de crête avec la superposition de deux signaux non modulés	229
Figure A.11 – Détermination de l'amplitude du signal de perturbation au moyen du rapport d'amplitude d et du facteur i (voir Équation (A.3) et Équation (A.6))	231
Figure A.12 – Augmentation de l'indication moyenne mesurée avec un récepteur réel et calculée d'après l'Équation (A.8)	232
Figure C.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 160 ms	239
Figure C.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes avec lecture de crête (CISPR AV) et sans lecture de crête (AV): constante de temps de l'indicateur de 100 ms	239
Figure C.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 160 ms	240
Figure C.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête (PK) et de valeurs moyennes, en fonction de la largeur d'impulsion: constante de temps de l'indicateur de 100 ms	240
Figure D.1 – Exemple de mesurage de DPA par la Méthode 1 pour des perturbations fluctuantes	241
Figure D.2 – Exemple de mesurage de DPA par la Méthode 2 pour des perturbations fluctuantes	242
Figure F.1 – Comparaison entre l'amplitude de champ donnée par l'Équation (C.17) de la CISPR 16-1-6:2014 et la région de champ proche donnée par l'Équation (C.31) de la CISPR 16-1-6:2014	248
Figure F.2 – Écart des AF en champ proche par rapport aux AF en espace libre d'une antenne biconique (issue de la Figure C.5.b) de la CISPR 16-1-6:2014)	249

Figure F.3 – Rayon r du volume d'essai pour une distance d donnée et une largeur de faisceau d'antenne de 60°	251
Figure F.4 – Effet de la directivité de l'antenne	251
Figure F.5 – HPBW (plan E/plan H) d'une antenne LPDA de type V	252
Figure F.6 – Récepteur de mesure à préamplificateur externe	253
Figure F.7 – Niveau de bruit E_{Nlinav} (exemple pour $10\lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur linéaire de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 6 GHz	254
Figure F.8 – Niveau de bruit E_{Nlogav} (exemple pour $10\lg F_{tot} = 4$ dB) comparé à la limite de perturbation E_{Lav} pour le détecteur logarithmique de valeur moyenne pour des distances de 3 m, 5 m et 10 m dans la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz	255
Tableau 1 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes CISPR	153
Tableau 2 – Durées minimales de scrutation pour les trois bandes CISPR avec détecteurs de crête et de quasi-crête	153
Tableau 8 – Plages de fréquences applicables et références de documents pour les emplacements d'essai et les méthodes de mesure de perturbations rayonnées CISPR	163
Tableau 9 – Dimensions maximales de l'EUT pour différents diamètres de LLAS, de 9 kHz à 30 MHz	164
Tableau 10 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT, OATS/SAC et emplacement en extérieur, de 9 kHz à 30 MHz	164
Tableau 11 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal de l'EUT, OATS/SAC et enceinte complètement anéchoïque, de 30 MHz à 1 000 MHz	165
Tableau 12 – Diamètre D (en m) et hauteur h (en m) du volume maximal recommandé de l'EUT pour une incertitude réduite en champ proche; OATS/SAC à revêtement absorbant et FAR, de 1 GHz à 18 GHz	165
Tableau 5 – Exemples de valeurs de w pour trois types d'antennes	193
Tableau 6 – Facteurs de correction en polarisation horizontale en fonction de la fréquence	203
Tableau 7 – Hauteurs d'antenne recommandées pour garantir l'interception du signal (pour la préscrutation) dans la plage de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	215
Tableau A.1 – Combinaisons des perturbations du matériel en essai et des émissions ambiantes	219
Tableau A.2 – Erreur de mesure en fonction du type de détecteur et de la combinaison des spectres du signal ambiant et du signal perturbateur	233
Tableau C.1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de scrutation pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz	238
Tableau C.2 – Constantes de temps de l'indicateur et largeurs de bande vidéo et durées de scrutation minimales correspondantes	239
Tableau E.1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux de crête et de quasi-crête détectés	243
Tableau F.1 – Diamètres (D_{max}) et hauteurs (h_{max}) maximaux du volume de l'EUT résultant de la Formule (F.1) pour différentes distances de mesure (d)	247

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 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité –
Mesurages des perturbations rayonnées**

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

La CISPR 16-2-3 édition 4.1 contient la la première édition (2016-09) [documents CISPR/A/1176A/FDIS et CISPR/A/1182/RVD], son amendement 1 (2019-06) [documents CISPR/A/1278/FDIS et CISPR/A/1283/RVD] et son amendement 2 (2023-06) [documents CIS/A/1391/FDIS et CIS/A/1397/RVD].

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

La Norme internationale CISPR 16-2-3 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette quatrième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut la modification technique majeure suivante par rapport à l'édition précédente: ajout de contenu relatif à la correction de l'amplitude de champ électrique pour prendre en compte le centre de phase des réseaux de dipôles log-périodiques.

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION à l'Amendement 1

Amendement de la CISPR 16-2-3 concernant les spécifications volumiques de l'EUT pour les mesurages des perturbations rayonnées en fonction des méthodes d'essai et de la distance de mesure

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2016+AMD1:2019+AMD2:2023 CSV

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 – Mesurages des perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les méthodes de mesure de phénomènes perturbateurs rayonnés, dans la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz. Les aspects de l'incertitude de mesure sont spécifiés dans les normes CISPR 16-4-1 et CISPR 16-4-2.

NOTE Selon le Guide 107 de l'IEC, la CISPR 16-2-3 est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produits de l'IEC. Comme mentionné dans le Guide 107 [13]¹, les comités de produits sont responsables de la détermination de l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits pour l'évaluation de la pertinence des essais particuliers de CEM pour des produits spécifiques.

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 14-1:2016, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

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

CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-1-4:2019, *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 16-1-4:2019/AMD1:2020

CISPR 16-1-4:2019/AMD2:2023

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

CISPR 16-2-1:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites*

CISPR TR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests* (disponible en anglais seulement)

CISPR 16-4-2:2011², *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 de l'instrumentation*

CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014

CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018

CISPR TR 16-4-5, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-5: Uncertainties, statistics and limit modelling – Conditions for the use of alternative test methods* (disponible en anglais seulement)

IEC 60050-161, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

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

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés de l'IEC 60050-161, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

OATS/SAC à revêtement absorbant

emplacement d'essai en espace libre (OATS) ou chambre semi-anéchoïque (SAC) dont le plan de masse est partiellement recouvert d'un matériau absorbant de l'énergie aux fréquences radioélectriques

Note 1 à l'article: La CISPR 16-1-4 emploie le terme analogue "emplacement d'essai en zone dégagée en espace libre" (FSOATS).

3.1.2

matériel d'appoint

transducteurs (par exemple, sondes de courant et de tension et réseaux fictifs) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur de signal (d'essai) et utilisés dans la transmission du signal perturbateur entre le matériel en essai (EUT – equipment under test) et le matériel de mesure ou d'essai

² Il existe une version consolidée de cette publication comprenant les CISPR 16-4-2:2011, CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014 et CISPR 16-4-2:2011/AMD2:2018.

3.1.3

faisceau de l'antenne

lobe principal du diagramme d'antenne (diagramme de gain) de l'antenne de réception (généralement la direction avec la sensibilité maximale ou le facteur d'antenne le plus faible) dirigé vers l'EUT

3.1.4

largeur de faisceau de l'antenne

angle entre les points de demi-puissance (3 dB) du lobe principal du faisceau de l'antenne, lorsqu'il est rapporté à la puissance maximale dudit lobe

Note 1 à l'article: Il peut être exprimé pour le plan *H* ou pour le plan *E* de l'antenne.

Note 2 à l'article: La largeur de faisceau de l'antenne est exprimée en degrés.

3.1.5

matériel associé

AE

appareil ne faisant pas partie du système en essai, mais nécessaire au bon fonctionnement du matériel en essai (EUT)

Note 1 à l'article: L'abréviation «AE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «associated equipment».

3.1.6

matériel auxiliaire

AuxEq

périphérique faisant partie du système en essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AuxEq» est dérivée du terme anglais développé correspondant «auxiliary equipment».

3.1.7

norme de base

norme de portée générale ou qui comporte des dispositions d'ensemble pour un domaine particulier

Note 1 à l'article: Une norme de base peut être utilisée comme une norme d'application directe ou servir de base à d'autres normes.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2:2004, définition 5.1 [6]]

3.1.8

câble coaxial

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un matériel d'appoint et le matériel de mesure ou le générateur de signal (d'essai) et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert de câble maximale admissible spécifiée

3.1.9

dispositif d'absorption en mode commun

CMAD

dispositif qui peut être appliqué sur des câbles à leur sortie du volume d'essai au cours des mesures d'émissions rayonnées pour réduire l'incertitude de conformité

Note 1 à l'article: L'abréviation «CMAD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «common-mode absorption device».

[SOURCE: CISPR 16-1-4:2019, 3.1.7]

3.1.10

évaluation de la conformité

démonstration que des exigences spécifiées relatives à un produit, processus, système, personne ou organisme sont respectées

Note 1 à l'article: Le domaine de l'évaluation de la conformité comprend des activités définies ailleurs dans l'ISO/IEC 17000:2004 [7] telles que les essais, l'inspection et la certification, de même que l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité.

[SOURCE: ISO/IEC 17000:2004, 2.1, modifiée – La note 2 a été supprimée.]

3.1.11

perturbation continue

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête, et qui ne décroît pas immédiatement

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-11, modifiée – La définition a été modifiée.]

3.1.12

émission

<électromagnétique> processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.13

limite d'émission

<d'une source perturbatrice> valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.14

matériel en essai

EUT

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission et évaluation de la conformité)

Note 1 à l'article: L'abréviation «EUT» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment under test».

3.1.15

enceinte complètement anéchoïque

FAR

enceinte dont les six surfaces intérieures sont revêtues d'un matériau absorbant les fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui atténue l'énergie électromagnétique dans la plage de fréquences considérée

Note 1 à l'article: L'abréviation «FAR» est dérivée du terme anglais développé correspondant «fully-anechoic room».

3.1.16

système de grande antenne-cadre

LLAS

système d'antenne consistant en trois antennes-cadres à orientation orthogonale utilisées pour mesurer les trois moments magnétiques coulombiens orthogonaux d'un EUT situé au centre des trois antennes-cadres

Note 1 à l'article: L'abréviation «LLAS» est dérivée du terme anglais développé correspondant « large loop-antenna system».

3.1.17

durées de mesure, de scrutation et de balayage

3.1.17.1

durée de mesure

T_m

durée effective et cohérente pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique

- pour le détecteur de crête, la durée effective pour détecter le maximum de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de quasi-crête, la durée effective pour mesurer le maximum de l'enveloppe pondérée,
- pour le détecteur de valeur moyenne, la durée effective pour effectuer la moyenne de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de valeur efficace, la durée effective pour déterminer la valeur efficace de l'enveloppe du signal

Note 1 à l'article: Dans certains domaines, la "durée de mesure" est également appelée temps de palier.

3.1.17.2

scrutation

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

3.1.17.3

intervalle

Δf

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage ou d'une scrutation

3.1.17.4

balayage

variation continue de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

3.1.17.5

vitesse de balayage ou de scrutation

intervalle de fréquence divisé par la durée de balayage ou de scrutation

3.1.17.6

durée de balayage ou de scrutation

T_s

durée comprise entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage ou d'une scrutation

3.1.17.7

durée d'observation

T_o

somme des durées de mesure T_m à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples

Note 1 à l'article: Si n est le nombre de balayages ou de scrutations, alors $T_o = n \times T_m$.

3.1.17.8

durée totale d'observation

T_{tot}

durée effective pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples)

Note 1 à l'article: Si c est le nombre de canaux dans une scrutation ou un balayage, alors $T_{\text{tot}} = c \times n \times T_m$.

3.1.18

récepteur de mesure

appareil de mesure tel qu'un voltmètre accordable, un récepteur de brouillage électromagnétique, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT, avec ou sans présélection, qui est conforme à la CISPR 16-1-1

3.1.19

nombre de balayages par unité de temps

n_s

inverse de la somme de la durée de balayage et de la durée du retour, c'est-à-dire $1/(\text{durée de balayage} + \text{durée du retour})$

Note 1 à l'article: Balayages par seconde, par exemple.

3.1.20

emplacement d'essai en espace libre

OATS

installation pour effectuer des mesurages et des étalonnages dans laquelle la réflexion sur le sol est reproductible par un plan de masse de référence électriquement conducteur plat et de grande dimension

Note 1 à l'article: Un OATS peut être utilisé pour les mesurages des perturbations rayonnées, cas dans lequel il est également appelé COMTS. Un OATS peut également être utilisé pour les étalonnages d'antennes, cas dans lequel il est appelé CALTS.

Note 2 à l'article: Un OATS est un site en extérieur non protégé, suffisamment éloigné des bâtiments, lignes électriques, clôtures, arbres, câbles enterrés, canalisations et autres objets réfléchissants potentiels, de sorte que les effets dus à ce type d'objets soient négligeables. Voir la CISPR 16-1-4 pour des lignes directrices concernant la construction d'un OATS.

Note 3 à l'article: L'abréviation «OATS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «open-area test site».

3.1.21

norme de produit

norme qui spécifie les exigences auxquelles doit satisfaire un produit ou un groupe de produits pour assurer son/leur aptitude à l'emploi

Note 1 à l'article: Une norme de produit peut comporter, outre les exigences d'aptitude à l'emploi, soit directement, soit par référence, les éléments relatifs à la terminologie, à l'échantillonnage, à l'essai, à l'emballage, à l'étiquetage et parfois des exigences de procédé.

Note 2 à l'article: Une norme de produit peut être complète ou non, selon qu'elle spécifie les exigences nécessaires en totalité ou en partie. En l'occurrence, on peut établir une distinction entre les normes telles que les normes dimensionnelles, les normes relatives aux matériaux ou les normes techniques de livraison.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 2, définition 5.4]

3.1.22

chambre semi-anéchoïque

SAC

enceinte blindée dans laquelle cinq des six surfaces internes sont revêtues d'un matériau absorbant les fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui atténue l'énergie électromagnétique dans la plage de fréquences considérée et dont la surface horizontale inférieure est un plan de masse de référence conducteur destiné à être utilisé avec les montages d'essai dans les emplacements d'essai en espace libre (OATS)

Note 1 à l'article: L'abréviation «SAC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «semi-anechoic chamber».

3.1.23

configuration d'essai

combinaison permettant d'obtenir la disposition de mesure spécifiée pour le matériel en essai permettant la mesure d'un niveau d'émission

3.1.24

pondération

conversion (principalement réduction) dépendant de la fréquence de répétition d'impulsions (PRF – pulse repetition frequency) d'un niveau de détection d'impulsions de crête en une indication correspondant à l'effet des perturbations sur la réception radio

Note 1 à l'article: Pour le récepteur analogique, la gêne psychophysique des perturbations est une grandeur subjective (habituellement acoustique ou visuelle), et non un certain nombre d'incompréhensions d'un texte parlé.

Note 2 à l'article: Pour le récepteur numérique, l'effet des perturbations est une grandeur objective qui peut être définie soit par le taux d'erreur critique sur les bits (BER – bit error ratio) ou la probabilité d'erreur sur les bits (BEP – bit error probability) pour lesquels une correction d'erreur parfaite peut encore apparaître, soit par un autre paramètre objectif et reproductible.

Note 3 à l'article: Pondération de perturbations impulsives, par exemple.

3.1.24.1

mesurage pondéré d'une perturbation

mesurage d'une perturbation à l'aide d'un détecteur à pondération

3.1.24.2

caractéristique de pondération

niveau de tension de crête en fonction de la PRF ayant un effet constant sur un système de radiocommunication spécifique, c'est-à-dire que la perturbation est pondérée par le système de radiocommunication lui-même

3.1.24.3

détecteur à pondération

détecteur fournissant une fonction de pondération approuvée

3.1.24.4

facteur de pondération

valeur de la fonction de pondération par rapport à une PRF de référence ou par rapport à la valeur de crête

Note 1 à l'article: Le facteur de pondération est exprimé en dB.

3.1.24.5

fonction de pondération ou courbe de pondération

relation entre le niveau de tension d'entrée de crête et la PRF pour l'indication de niveau constant d'un récepteur de mesure avec un détecteur à pondération, c'est-à-dire la courbe de réponse d'un récepteur de mesure pour des impulsions répétées

3.1.25

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.1 [9]³, modifiée – Les notes 1 à 3 ont été supprimées.]

³ Les chiffres entre crochets font référence à la Bibliographie.

3.1.26

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié

Note 1 à l'article: Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une entité en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences et de conditions d'environnement et de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13] [10]

3.1.27

fréquence interne la plus haute

fréquence la plus haute générée ou utilisée avec le matériel en essai (EUT) ou fréquence la plus haute à laquelle l'EUT fonctionne ou s'accorde

3.1.28

module

partie d'un matériel en essai (EUT) remplissant une fonction et pouvant contenir des sources de fréquences radioélectriques

3.1.29

emplacement d'essai de conformité

COMTS

environnement qui garantit des résultats de mesure valides et reproductibles des perturbations en champ électrique produites par des appareils en essai afin d'évaluer leur conformité à des limites

Note 1 à l'article: L'abréviation "COMTS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "compliance test site".

3.1.30

région de champ lointain

région de rayonnement de champ électromagnétique d'un EUT ou d'une antenne où les composantes prépondérantes du champ représentent une propagation d'énergie et où le diagramme de rayonnement est pratiquement indépendant de la distance à l'EUT rayonnant ou à l'antenne

Note 1 à l'article: Dans la région de champ lointain, toutes les composantes du champ électromagnétique varient de façon inversement proportionnelle à la distance à l'EUT rayonnant ou à l'antenne.

[SOURCE: IEC 60050-712:1992 [14], 712-02-02, modifié – Remplacement de "la répartition du champ en fonction de la direction" par "le diagramme de rayonnement" dans la définition et suppression de la Note 2 à l'article.]

3.1.31

effet du champ proche

écart de la propagation du champ par rapport à la propagation en champ lointain

Note 1 à l'article: L'effet du champ proche survient dans la zone proche de l'EUT dans laquelle se trouvent des composantes d'amplitude de champ réactif (non rayonnant). Bien que ces composantes ne contribuent pas au rayonnement en champ lointain, elles constituent des amplitudes mesurables réelles de champs.

Note 2 à l'article: Un critère peut être défini pour limiter l'écart entre la propagation en champ lointain, par exemple, 1 dB. Si E_1 et E_2 sont des niveaux d'amplitude de champ en dB(μ V/m) aux distances d_1 et d_2 d'un EUT, alors, par exemple, l'inégalité suivante décrit le critère: $(20\lg(d_2/d_1) - 1 \text{ dB}) \leq (E_1 - E_2) \leq (20\lg(d_2/d_1) + 1 \text{ dB})$, qui peut être réduit à $-1 \text{ dB} \leq [(E_1 - E_2) - 20\lg(d_2/d_1)] \leq 1 \text{ dB}$, où $(E_1 - E_2) \geq 6 \text{ dB}$.

3.1.32

volume d'essai

volume validé au sein d'une installation d'essai dans lequel un EUT peut être positionné

Note 1 à l'article: Les procédures de validation de la CISPR 16-1-4 sont utilisées pour déterminer le volume d'essai.

Note 2 à l'article: Le volume d'essai tel que défini dans le présent document est de forme cylindrique. Différentes formes de volumes d'essai ont été définies dans d'autres documents, par exemple, sous forme cubique dans l'IEC 61000-4-20 (guides d'ondes TEM).

3.1.33

volume de l'EUT

cylindre défini par le diamètre limite et la hauteur de l'EUT qui englobent complètement toutes les parties de l'EUT réel, y compris les supports de câbles et une longueur de câble de 1,6 m (de 30 MHz à 1 GHz) ou de 0,3 m (pour 1 GHz et plus)

Note 1 à l'article: Le volume d'essai fait partie des critères qui limitent le volume de l'EUT.

Note 2 à l'article: Le volume de l'EUT a un diamètre D (diamètre limite) et une hauteur h .

3.1.34

distance de protection

distance entre la source d'une perturbation rayonnée et le récepteur victime à la surface de bordure de service utilisée pour la dérivation d'une limite spécifique de perturbation rayonnée CISPR

Note 1 à l'article: La surface de bordure de service est définie comme étant la valeur minimale de l'amplitude de champ souhaitée d'un service ou d'une application radioélectrique issue des spécifications UIT-R.

Note 2 à l'article: Cette définition peut être différente dans d'autres publications traitant des perturbations conduites.

Note 3 à l'article: Chaque limite est associée à une distance de protection; la distance de protection peut varier en fonction de la fréquence.

3.1.35

petit EUT

matériel à l'essai, câbles compris, posé sur table ou posé au sol, qui est adapté pour l'insertion dans un volume cylindrique de 1,5 m (2,0 m) de diamètre et de 1,5 m (2,0 m) de hauteur, mesuré à partir du sol avec une distance de mesure de 3 m (5 m) dans l'OATS/la SAC

3.1.36

point d'alimentation d'une antenne-cadre blindée

emplacement de la fente dans le blindage d'une antenne-cadre

Note 1 à l'article: Le point d'alimentation d'une antenne-cadre blindée est un élément important pour une installation correcte. L'emplacement du point d'alimentation exerce une influence sur la perte d'insertion d'emplacement entre deux antennes de champ magnétique [24], [25].

3.2 Termes abrégés

Les abréviations suivantes, ne figurant pas déjà en 3.1, sont utilisées dans la présente norme.

AF	Antenna factor (Facteur d'antenne)
AM	Amplitude modulation (Modulation d'amplitude)
AV	Average (Moyenne)
BB	Broadband (Large bande)
CW	Continuous wave (Émission à ondes entretenues)
DPA	Distribution de probabilité des amplitudes
FFT	Fast-Fourier transform (Transformée de Fourier rapide)
FI	Fréquence intermédiaire

FM	Frequency modulation (Modulation de fréquence)
FSOATS	Free-space OATS (Emplacement d'essai en espace libre)
GP	Ground plane (Plan de masse)
HPBW	Half-power beamwidth (Largeur de faisceau à demi-puissance)
ISM	Industriel, scientifique et médical
LPDA	Log-periodic dipole array (Réseau de dipôles log-périodiques)
NB	Narrowband (Bande étroite)
NSA	Normalized site attenuation (Affaiblissement normalisé de l'emplacement)
PRF	Pulse repetition frequency (Fréquence de répétition d'impulsions)
RBW	Resolution bandwidth (Largeur de bande de résolution)
RE	Radiated emission (Emission rayonnée)
RF	Radiofréquence – fréquence radioélectrique
RI	Radiated immunity (Immunité rayonnée)
QP	Quasi-peak (Quasi-crête)
TEM	Transverse electromagnetic (Électromagnétique transverse)
UFA	Uniform field area (Zone de champ uniforme)
VBW	Video bandwidth (Largeur de bande vidéo)

4 Types de perturbations à mesurer

4.1 Généralités

Le présent article décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesurage.

4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques⁴ dépendant de la répartition spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'évaluation et du mesurage des perturbations radioélectriques, les types de perturbations suivants sont distingués:

- perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM (Industriels, scientifiques et médicaux), constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière à ce qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours du mesurage, par opposition à b);
- perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière que deux raies spectrales ou plus s'inscrivent dans la largeur de bande au cours du mesurage; et
- perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, par exemple les thermostats ou programmeurs avec une fréquence de répétition inférieure à 1 Hz (cadence des claquements inférieure à 30/min).

⁴ Psychophysique signifie relation psychologique entre un stimulus physique et une réponse sensorielle.

Les spectres de fréquences de b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions répétées, les deux spectres étant caractérisés par une plage de fréquences plus large que la largeur de bande du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1-1.

4.3 Fonctions de détection

En fonction des types de perturbations, les mesurages peuvent être effectués au moyen d'un récepteur de mesure équipé:

- a) d'un détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour le mesurage des perturbations à bande étroite et des signaux, et plus particulièrement pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) d'un détecteur de quasi-crête utilisé pour le mesurage pondéré des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) d'un détecteur quadratique moyen utilisé pour le mesurage pondéré des perturbations à large bande permettant l'évaluation de l'effet des perturbations impulsives sur les services de radiocommunication numérique, mais également des perturbations à bande étroite;
- d) d'un détecteur de crête pouvant être utilisé pour le mesurage des perturbations soit à large bande, soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1-1.

5 Connexion du matériel de mesure

Pour ce qui concerne la connexion de matériel de mesure, de récepteurs de mesure et de matériel d'appoint, par exemple des antennes, le câble de connexion entre le récepteur de mesure et le matériel d'appoint doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure. La sortie du matériel d'appoint doit être terminée par l'impédance spécifiée.

6 Exigences et conditions générales de mesure

6.1 Généralités

Les mesurages des perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendants de l'emplacement de mesure et de l'environnement, plus particulièrement du bruit ambiant; et
- sans interactions, c'est-à-dire que la connexion de l'EUT au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement de l'EUT ni l'exactitude du matériel de mesure.

Ces exigences peuvent être satisfaites en respectant les conditions suivantes:

- a) existence d'un rapport signal sur bruit suffisant au niveau de mesure souhaité, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- b) existence d'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement de l'EUT définies.

6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai

6.2.1 Généralités

Le rapport signal sur bruit de mesure, eu égard au bruit ambiant, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit ambiant dépasse le niveau exigé, cela doit être consigné dans le rapport d'essai.

6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité

Un emplacement d'essai de conformité (COMTS) doit permettre de distinguer les émissions de l'EUT du bruit ambiant. Il convient que le niveau de bruit ambiant soit de préférence de 20 dB inférieur au niveau de mesure souhaité, mais au moins de 6 dB inférieur à ce niveau. Pour la condition de 6 dB, le niveau de perturbation apparent venant de l'EUT est augmenté d'une valeur pouvant atteindre 3,5 dB. L'aptitude de l'emplacement pour le niveau ambiant exigé peut être déterminée en mesurant le niveau de bruit ambiant avec le matériel d'essai en place, mais hors fonctionnement.

Lors de l'évaluation de la conformité par rapport à une limite, il est admis que le niveau de bruit ambiant dépasse le niveau préférentiel de -6 dB, à condition que les niveaux combinés de bruit ambiant et d'émission de la source ne dépassent pas la limite spécifiée. L'EUT est alors considéré comme satisfaisant à la limite. Des recommandations complémentaires concernant le mesurage des perturbations en présence d'émissions ambiantes sont données à l'Annexe A.

6.3 Mesurage d'une perturbation continue

6.3.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du récepteur doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

6.3.2 Perturbation continue à large bande

Pour évaluer une perturbation continue à large bande dont le niveau n'est pas stable, la valeur maximale reproductible de mesure doit être déterminée. Voir 6.5.1 pour de plus amples informations.

6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à scrutation sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire la durée de mesure. Une attention toute particulière doit cependant être accordée à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de scrutation en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, l'exactitude en amplitude et la détection de crête, de valeur moyenne et de quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

6.4 Configuration et conditions de mesure de l'EUT

L'EUT doit fonctionner dans les conditions suivantes.

6.4.1 Configuration générale de l'EUT

6.4.1.1 Généralités

Lorsque ce n'est pas spécifié dans la norme de produit, l'EUT doit être configuré comme décrit ci-dessous.

L'EUT doit être installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. Lorsque le fabricant a spécifié ou recommandé une pratique d'installation, cette pratique doit être utilisée si possible dans la configuration d'essai. Cette configuration doit être le type de pratique normale d'installation. Les câbles, charges et dispositifs d'interface doivent être raccordés à au moins un accès d'interface de chaque type de l'EUT et, lorsque la pratique le permet, chaque câble doit être raccordé à un dispositif caractéristique d'une utilisation réelle.

Lorsqu'il y a plusieurs accès d'interface du même type, des câbles d'interconnexion, des charges et des dispositifs supplémentaires peuvent devoir être ajoutés à l'EUT, en fonction des résultats des essais préliminaires. Le raccordement d'un câble ou d'un conducteur à un seul accès de ce type d'accès peut être suffisant. Le nombre réel de câbles ou de conducteurs supplémentaires peut être limité aux cas où l'ajout d'un autre câble ou conducteur n'influe pas significativement sur le niveau d'émission, c'est-à-dire qu'il varie de moins de 2 dB, à condition que l'EUT reste conforme. La justification du choix de la configuration et du chargement des accès doit être incluse dans le rapport d'essai.

Il convient que les câbles d'interconnexion soient du type et de la longueur spécifiés dans les exigences concernant le matériel individuel. Si la longueur peut être modifiée, celle-ci doit être choisie de manière à produire un maximum de perturbation.

Si des câbles blindés ou particuliers sont utilisés pendant les essais pour obtenir la conformité, une note doit alors être incluse dans le manuel d'instructions, informant de la nécessité d'utiliser de tels câbles.

Les longueurs de câbles en excès doivent être disposées en faisceau, approximativement au milieu du câble, la longueur des faisceaux allant de 30 cm à 40 cm. S'il s'avère impossible d'y parvenir en raison de l'encombrement ou de la rigidité des câbles, la disposition du câble en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Les résultats d'une évaluation d'EUT comportant un module de chaque type peuvent être appliqués à des configurations comportant plusieurs de ces modules. Ceci est admis, car il s'est avéré que des perturbations provenant de modules identiques ne sont généralement pas additives dans la pratique. Toutefois, le critère de 2 dB défini dans le présent article doit être appliqué.

Tout ensemble de résultats doit être accompagné d'une description complète du câblage et de l'orientation du matériel de façon à pouvoir reproduire les résultats. Si des conditions d'utilisation spécifiques sont exigées pour satisfaire aux limites, ces conditions doivent être spécifiées et documentées, par exemple, la longueur de câble, le type, le blindage et la mise à la masse des câbles. Ces conditions doivent être incluses dans les instructions destinées à l'utilisateur.

Un matériel contenant plusieurs modules (tiroir, carte enfichable, plaque, etc.) doit être soumis aux essais avec un mélange et un nombre représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Le nombre réel de plaques ou de cartes enfichables du même type peut être limité aux cas où l'ajout d'une autre plaque ou carte enfichable n'influe pas significativement sur le niveau d'émission, c'est-à-dire qu'il varie de moins de 2 dB, à condition que l'EUT reste conforme. La justification utilisée pour choisir le nombre et le type de modules doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Un système constitué d'un certain nombre d'unités séparées doit être configuré de manière à former une configuration représentative minimale. Le nombre et le mélange d'unités incluses dans la configuration d'essai doivent être représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. La justification utilisée pour choisir les unités doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Au minimum un module de chaque type doit être fonctionnel dans chaque matériel évalué d'un EUT. Pour un EUT faisant partie d'un système, au minimum un matériel de chaque type pouvant être inclus dans la configuration possible du système doit être inclus dans l'EUT.

La position de l'EUT par rapport au plan de masse de référence (GP) doit être équivalente à ce qui existe dans la pratique. En conséquence, le matériel posé au sol est placé sur un GP, mais isolé de celui-ci, et le matériel posé sur une table est placé sur une table non conductrice.

Le matériel conçu pour fonctionner monté sur un mur ou monté au plafond doit être soumis aux essais comme l'EUT posé sur une table. L'orientation du matériel doit être cohérente avec la pratique d'installation normale.

Les combinaisons de types de matériels identifiés ci-dessus doivent également être disposées d'une manière cohérente avec la pratique d'installation normale. Le matériel conçu à la fois pour fonctionner posé sur une table et posé au sol doit être soumis aux essais comme un matériel posé sur une table, sauf si l'installation habituelle est posée au sol, auquel cas cette configuration doit être utilisée.

Les extrémités des câbles de signaux reliés à l'EUT qui ne sont pas raccordées à une autre unité ou à un autre matériel auxiliaire doivent être terminées en utilisant l'impédance de fermeture correcte définie dans la norme de produit.

Les câbles ou autres connexions à du matériel associé situé en dehors de la zone d'essai doivent pendre jusqu'au sol, puis être acheminés jusqu'à l'emplacement où ils quittent le volume d'essai.

Le matériel auxiliaire doit être installé conformément à la pratique d'installation normale. Lorsque ceci signifie que le matériel auxiliaire est situé sur l'emplacement d'essai, il doit être configuré en utilisant les mêmes conditions que celles qui sont applicables pour l'EUT (par exemple, distance par rapport au plan de masse et isolation par rapport au plan de masse s'il est posé au sol, et disposition du câblage).

6.4.1.2 Configuration posée sur une table

Le matériel destiné à être utilisé posé sur une table doit être placé sur une table non conductrice. Les dimensions nominales de la table sont de 1,5 m sur 1,0 m, mais elles peuvent finalement dépendre des dimensions horizontales de l'EUT.

Toutes les unités constituant le système en essai (incluant l'EUT, les périphériques et les matériels ou dispositifs auxiliaires connectés) doivent être disposées conformément à une utilisation normale. Lorsqu'elle n'est pas définie dans l'utilisation normale, une distance de séparation nominale de 0,1 m entre les unités voisines doit être définie pour la configuration d'essai.

Les câbles intra-unités doivent pendre à l'arrière de la table. Si un câble pend jusqu'à moins de 0,4 m du plan de masse horizontal (ou du sol), la partie en excès doit être repliée au centre du câble en formant un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m, de façon que le faisceau se trouve au moins à 0,4 m au-dessus du GP horizontal.

Les câbles doivent être positionnés comme pour une utilisation normale.

Si la longueur du câble d'entrée de la prise d'alimentation électrique est inférieure à 0,8 m (y compris les alimentations intégrées dans la prise d'alimentation électrique), un câble prolongateur doit être utilisé de sorte que l'unité d'alimentation extérieure soit placée sur la table. Le câble prolongateur doit avoir des caractéristiques similaires au câble d'alimentation électrique (y compris le nombre de conducteurs et la présence d'une mise à la masse). Le câble prolongateur doit être traité comme une partie du câble d'alimentation électrique.

Dans les configurations ci-dessus, le câble situé entre l'EUT et l'alimentation doit être disposé sur la table de la même manière que les autres câbles reliant les composants de l'EUT.

6.4.1.3 Configuration posée au sol

L'EUT doit être placé sur le GP horizontal, orienté pour une utilisation normale, mais séparé de tout contact métallique avec le GP par une isolation allant jusqu'à 15 cm.

Les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du GP horizontal. Si le matériel exige une mise à la masse dédiée, celle-ci doit alors être prévue et reliée au plan de masse horizontal.

Les câbles intra-unité (entre des unités constituant l'EUT ou entre l'EUT et un matériel auxiliaire) doivent pendre du GP horizontal, mais rester isolés de celui-ci. Toute partie en excès doit être, soit repliée au centre du câble en un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m, soit disposée en serpent. Si la longueur d'un câble intra-unité n'est pas suffisante pour pendre jusqu'au GP horizontal, mais pend à moins de 0,4 m, la longueur en excès doit alors être repliée au centre du câble en un faisceau dont la longueur ne dépasse pas 0,4 m. Le faisceau doit être positionné de façon à se trouver à 0,4 m au-dessus du GP horizontal ou à la hauteur de l'entrée du câble ou du point de connexion si celui-ci se trouve à moins de 0,4 m du GP horizontal.

Pour un matériel avec une montée verticale de câbles, le nombre de montées doit être celui de la pratique d'installation type. Lorsque la montée est réalisée dans un matériau non conducteur, un espacement minimal d'au moins 0,2 m doit être maintenu entre la partie la plus proche du matériel et le câble vertical le plus proche. Lorsque la structure de la montée est conductrice, l'espacement minimal de 0,2 m doit être celui qui existe entre les parties les plus proches du matériel et la structure de la montée.

6.4.1.4 Combinaisons de configurations de matériel posé sur une table et posé au sol

La partie en excès des câbles intra-unités entre une unité posée sur une table et une unité posée au sol doit être repliée en un faisceau dont la longueur est inférieure ou égale à 0,4 m. Le faisceau doit être positionné de façon à se trouver à 0,4 m au-dessus du GP horizontal ou à la hauteur de l'entrée du câble ou du point de connexion si celui-ci se trouve à moins de 0,4 m du GP horizontal.

6.4.2 Fonctionnement de l'EUT

Les conditions de fonctionnement de l'EUT doivent être déterminées par le fabricant conformément à l'utilisation type de l'EUT vis-à-vis du niveau d'émission le plus élevé attendu. Le mode de fonctionnement déterminé et la justification du choix des conditions de fonctionnement doivent être mentionnés dans le rapport d'essai.

L'EUT doit être utilisé avec la plage de tensions de fonctionnement assignées (nominales) et les conditions de charge type (mécanique ou électrique) pour lesquelles il est conçu. Il convient d'utiliser des charges réelles chaque fois que possible. Si un simulateur est utilisé, celui-ci doit représenter la charge réelle vis-à-vis de sa fréquence radio et de ses caractéristiques fonctionnelles.

Il convient que les programmes d'essai ou les autres moyens de vérification du matériel garantissent que les diverses parties d'un système sont vérifiées d'une manière permettant la détection de toutes les perturbations du système.

6.4.3 Durée de fonctionnement de l'EUT

La durée de fonctionnement, dans le cas d'EUT avec une durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage. Dans tous les autres cas, l'EUT doit être en fonctionnement continu au cours de l'essai.

6.4.4 Durée de fonctionnement préalable de l'EUT

Aucune durée de fonctionnement préalable particulière n'est spécifiée, mais, avant d'effectuer les essais, l'EUT doit avoir fonctionné pendant une durée suffisante pour que ses modes et conditions de fonctionnement soient représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie normale du matériel. Pour certains EUT, certaines conditions particulières d'essai peuvent être spécifiées dans les normes de produits applicables.

6.4.5 Alimentation de l'EUT

L'EUT doit être alimenté à sa tension assignée. Si le niveau de perturbation varie considérablement avec la tension d'alimentation, les mesurages doivent être répétés pour des tensions d'alimentation sur la plage comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée. Les EUT prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale.

6.4.6 Mode de fonctionnement de l'EUT

L'EUT doit fonctionner dans les conditions pratiques qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples

Un matériel à fonctions multiples, qui est soumis simultanément à différents articles d'une norme de produit et/ou de normes différentes, doit être soumis à des essais, chaque fonction étant mise en fonctionnement seule, si cela peut être obtenu sans modification interne du matériel. Le matériel ainsi soumis aux essais doit être considéré comme satisfaisant aux exigences de tous les articles et/ou normes lorsque chacune de ses fonctions a satisfait aux exigences de l'article et/ou de la norme applicable(s).

Pour un matériel dont l'essai de chaque fonction mise en fonctionnement seule n'est pas réalisable, ou lorsque l'essai séparé d'une fonction particulière rendrait le matériel inapte à remplir sa fonction primaire, ou lorsque le fonctionnement simultané de plusieurs fonctions produirait une économie de durée de mesure, le matériel doit être considéré comme satisfaisant s'il répond aux dispositions des articles et/ou normes pertinent(e)s, lorsque les fonctions nécessaires sont mises en fonctionnement.

6.4.8 Détermination de la ou des configurations provoquant des valeurs d'émission maximales

Un essai initial doit identifier la fréquence ayant la plus forte perturbation par rapport à la limite. Cette identification doit être effectuée pendant le fonctionnement de l'EUT dans les modes de fonctionnement types et avec les positions des câbles dans une configuration d'essai représentative d'une pratique d'installation type.

La fréquence de plus forte perturbation par rapport à la limite doit être déterminée en étudiant les perturbations à plusieurs fréquences significatives. Ceci permet d'assurer que la fréquence probable de perturbation maximale a été déterminée et que le câble associé, la configuration et le mode de fonctionnement de l'EUT ont été identifiés.

Pour l'essai initial, il convient de configurer l'EUT conformément aux normes de produits, selon le cas.

6.4.9 Enregistrement des mesurages

Parmi les perturbations ci-dessus ($L - 20$ dB), où L est le niveau limite en unités logarithmiques, les niveaux de perturbation et les fréquences au minimum des six perturbations les plus fortes doivent être enregistrés.

Pour les perturbations rayonnées, la polarisation de l'antenne et la hauteur pour chaque perturbation consignée doivent être enregistrées.

6.5 Interprétation des résultats de mesure

6.5.1 Perturbations continues

- a) Si le niveau de perturbation n'est pas stable, la lecture sur le récepteur de mesure est observée pendant au moins 15 s pour chaque mesurage. Les indications les plus élevées doivent être enregistrées, à l'exception de tout claquement isolé, qui doit être ignoré (voir 4.4 de la CISPR 14-1:2016).
- b) Si le niveau général de perturbation n'est pas stable, mais présente une augmentation ou une diminution continue supérieure à 2 dB pendant une période de 15 s, alors les niveaux de tension perturbatrice doivent être observés pendant une période plus longue et doivent être interprétés en fonction des conditions normales d'utilisation de l'EUT, comme suit:
 - 1) si l'EUT peut être allumé ou éteint fréquemment ou si son sens de rotation peut être inversé, il convient alors, pour chaque fréquence de mesure, d'allumer ou d'inverser le sens de rotation du matériel en essai juste avant chaque mesurage, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximal obtenu durant la première minute, pour chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;
 - 2) si l'EUT fonctionne habituellement pendant de plus longues durées, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai. Le niveau de perturbation doit être enregistré pour chaque fréquence, mais uniquement après avoir obtenu une lecture stable (sous réserve de la satisfaction du point a)).
- c) Si la nature des perturbations de l'EUT passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, l'EUT doit alors être soumis à l'essai conformément au point b).
- d) Les mesurages sont effectués sur le spectre complet et enregistrés au moins à la fréquence qui offre la valeur lue la plus élevée, comme exigé dans la publication CISPR applicable.

6.5.2 Perturbations discontinues

Il n'existe actuellement aucune exigence pour le mesurage des perturbations discontinues rayonnées.

6.5.3 Mesurage de la durée d'une perturbation

La durée d'une perturbation doit être connue pour pouvoir la mesurer correctement et pour déterminer si elle est discontinue. La durée d'une perturbation peut être mesurée selon l'une des manières suivantes:

- en connectant un oscilloscope à la sortie FI (fréquence intermédiaire) d'un récepteur de mesure pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel;
- en accordant un récepteur de brouillage électromagnétique ou un analyseur de spectre sur la fréquence de la perturbation sans scrutation en fréquence (c'est-à-dire, en mode «intervalle nul») pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel; ou
- en utilisant la sortie du domaine temporel d'un récepteur de mesure à FFT.

Des recommandations concernant la détermination de la durée appropriée de mesure peuvent être consultées en 8.3.

6.6 Durées de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues

6.6.1 Généralités

Pour les mesurages manuels et pour les mesurages automatiques ou semi-automatiques, les durées de mesure et les vitesses de scrutation des récepteurs de mesure et des récepteurs à scrutation doivent être réglées afin de mesurer l'émission maximale. Plus particulièrement, lorsqu'un détecteur de crête est utilisé pour une présrutation, les durées de mesure et les vitesses de scrutation doivent prendre en compte le rythme de l'émission en essai. Des

recommandations plus détaillées sur l'exécution des mesurages automatiques peuvent être consultées à l'Article 8.

6.6.2 Durées minimales de mesure

Les durées (temps de palier) de mesure minimales sont données au Tableau 1. Les durées minimales de scrutation des mesurages pour chaque bande CISPR dans son intégralité ont été déduites à partir du Tableau 1 et elles figurent dans le Tableau 2. Ces durées minimales (temps de palier) de mesure pour les récepteurs à scrutation et les instruments de mesure à FFT du Tableau 1 et les durées de scrutation pour les analyseurs de spectre du Tableau 2 s'appliquent à des signaux en ondes entretenues (CW).

En outre, le rapport d'essai doit comprendre la valeur de l'incertitude de l'instrument de mesure, correspondant à l'installation d'essai utilisée, calculée selon les exigences de la CISPR 16-4-2.

Tableau 1 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes CISPR

Bande de fréquences		Durées minimales de mesure T_m
A	9 kHz à 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz à 30 MHz	0,50 ms
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz à 18 GHz	0,01 ms

Tableau 2 – Durées minimales de scrutation pour les trois bandes CISPR avec détecteurs de crête et de quasi-crête

Bande de fréquence		Durée de scrutation T_s pour une détection de crête	Durée de scrutation T_s pour une détection de quasi-crête
A	9 kHz à 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz à 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

En fonction du type de perturbation, la durée de scrutation peut devoir être augmentée, même pour des mesurages de quasi-crête. Dans des cas extrêmes, la durée de mesure T_m à une certaine fréquence peut devoir être augmentée à 15 s, si le niveau de l'émission observée n'est pas stable (voir 6.5.1). Toutefois, les claquements isolés sont exclus.

Les durées de mesure et les vitesses de scrutation utilisables avec un détecteur de valeur moyenne sont données à l'Annexe C.

La plupart des normes de produits font appel à la détection de quasi-crête pour les mesurages de conformité, ce qui peut prendre beaucoup de temps si aucune procédure de réduction de la durée de mesure n'est appliquée (voir Article 8). Avant de pouvoir appliquer une procédure de réduction de la durée de mesure, l'émission doit être détectée par une préscrutation. Afin de s'assurer que, par exemple, des signaux intermittents ne sont pas oubliés pendant une scrutation automatique, les considérations de 6.6.3 à 6.6.5 doivent être prises en compte.

6.6.3 Vitesses de scrutation des récepteurs à scrutation et des analyseurs de spectre

Il est nécessaire de remplir l'une des deux conditions suivantes pour s'assurer que des signaux ne sont pas oubliés pendant des scrutations automatiques sur les intervalles de fréquences: