

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 –
Mesures des perturbations rayonnées**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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 –
Mesures des perturbations rayonnées**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-88912-123-6

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Types of disturbance to be measured	15
4.1 General.....	15
4.2 Types of disturbance	16
4.3 Detector functions	16
5 Connection of measuring equipment.....	16
6 General measurement requirements and conditions	17
6.1 General.....	17
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test	17
6.2.1 General	17
6.2.2 Compliance (conformity assessment) testing	17
6.3 Measurement of continuous disturbance.....	17
6.3.1 Narrowband continuous disturbance.....	17
6.3.2 Broadband continuous disturbance.....	17
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers.....	18
6.4 Operating conditions of the EUT.....	18
6.4.1 Normal load conditions	18
6.4.2 The time of operation.....	18
6.4.3 Running-in time	18
6.4.4 Supply	18
6.4.5 Mode of operation.....	18
6.5 Interpretation of measuring results.....	18
6.5.1 Continuous disturbance.....	18
6.5.2 Discontinuous disturbance.....	19
6.5.3 Measurement of the duration of disturbance	19
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance	19
6.6.1 General	19
6.6.2 Minimum measurement times	19
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers.....	20
6.6.4 Scan times for stepping receivers.....	21
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	22
6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments	27
7 Measurement of radiated disturbances	30
7.1 Introductory remarks	30
7.2 Loop-antenna system measurements (9 kHz to 30 MHz)	31
7.2.1 General	31
7.2.2 General measurement method.....	31
7.2.3 Test environment.....	32
7.2.4 Configuration of the equipment under test	33
7.2.5 Measurement uncertainty for LAS.....	33
7.3 Open-area test site or semi-anechoic chamber measurements (30 MHz to 1 GHz)	33
7.3.1 Measurand	33

7.3.2	Test site requirements	34
7.3.3	General measurement method	34
7.3.4	Measurement distance	35
7.3.5	Antenna height variation	35
7.3.6	Product specification details	35
7.3.7	Measurement instrumentation	37
7.3.8	Field-strength measurements on other outdoor sites	37
7.3.9	Measurement uncertainty for OATS and SAC	37
7.4	Fully-anechoic room measurements (30 MHz to 1 GHz)	38
7.4.1	Test set-up and site geometry	38
7.4.2	EUT position	40
7.4.3	Cable layout and termination	41
7.4.4	Measurement uncertainty for FAR	42
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	42
7.5.1	Applicability	42
7.5.2	EUT perimeter definition and antenna-to-EUT separation distance	42
7.5.3	Uniform test volume	43
7.5.4	Specifications for EUT set-up in common emissions/immunity test setup	44
7.5.5	Measurement uncertainty for common emission/immunity set-up and method	49
7.6	Fully-anechoic room and absorber-lined OATS/SAC measurements (1 GHz to 18 GHz)	49
7.6.1	Quantity to measure	49
7.6.2	Measurement distance	49
7.6.3	Set-up and operating conditions of the equipment under test (EUT)	49
7.6.4	Measurement site	50
7.6.5	Measurement instrumentation	50
7.6.6	Measurement procedure	50
7.6.7	Measurement uncertainty for FAR	57
7.7	<i>In situ</i> measurements (9 kHz to 18 GHz)	57
7.7.1	Applicability of and preparation for <i>in situ</i> measurements	57
7.7.2	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range 9 kHz to 30 MHz	58
7.7.3	Field-strength measurements <i>in situ</i> in the frequency range above 30 MHz	59
7.7.4	<i>In situ</i> measurement of the disturbance effective radiated power using the substitution method	60
7.7.5	Documentation of the measurement results	64
7.7.6	Measurement uncertainty for <i>in situ</i> method	64
7.8	Substitution measurements (30 MHz to 18 GHz)	64
7.8.1	General	64
7.8.2	Test site	64
7.8.3	Test antennas	65
7.8.4	EUT configuration	65
7.8.5	Test procedure	65
7.8.6	Measurement uncertainty for substitution method	66

7.9	Reverberation chamber measurements (80 MHz to 18 GHz).....	66
7.10	TEM waveguide measurements (30 MHz to 18 GHz)	66
8	Automated measurement of emissions	66
8.1	Introduction – precautions for automated measurements	66
8.2	Generic measurement procedure.....	67
8.3	Pre-scan measurements.....	67
8.3.1	General	67
8.3.2	Determination of the required measurement time.....	67
8.3.3	Pre-scan requirements for different types of measurements	68
8.4	Data reduction.....	69
8.5	Emission maximization and final measurement.....	70
8.6	Post-processing and reporting.....	71
8.7	Emission measurement strategies with FFT-based measuring instruments.....	71
Annex A (informative)	Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions	72
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	86
Annex C (informative)	Scan rates and measurement times for use with the average detector	89
Annex D (informative)	Explanation of APD measurement method applying to the compliance test.....	93
Annex E (normative)	Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests	95
Bibliography		96
Figure 1	– Measurement of a combination of a CW signal (NB) and an impulsive signal (BB) using multiple sweeps with maximum hold	23
Figure 2	– Example of a timing analysis.....	24
Figure 3	– A broadband spectrum measured with a stepped receiver	25
Figure 4	– Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the emission spectrum.....	26
Figure 5	– Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system	32
Figure 6	– 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	34
Figure 7	– Typical FAR site geometry, where a , b , c , e depend upon the room performance	38
Figure 8	– Typical test set-up for table-top equipment within the test volume of a FAR	39
Figure 9	– Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR.....	40
Figure 10	– Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)	43
Figure 11	– Test set-up for table-top equipment.....	47
Figure 12	– Test set-up for table-top equipment – Top view.....	47
Figure 13	– Test set-up for floor-standing equipment	48
Figure 14	– Test set-up for floor-standing equipment – Top view	48

Figure 15 – Measurement method above 1 GHz, receive antenna in vertical polarization	51
Figure 16 – Illustration of height scan requirements for two different categories of EUTs	53
Figure 17 – Determination of the transition distance	63
Figure 18 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration	65
Figure 19 – Process to give reduction of measurement time	67
Figure 20 – FFT scan in segments	28
Figure 21 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	29
Figure A.1 – Flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection	74
Figure A.2 – Relative difference in adjacent emission amplitudes during preliminary testing	76
Figure A.3 – Disturbance by an unmodulated signal (dotted line)	77
Figure A.4 – Disturbance by an amplitude-modulated signal (dotted line)	77
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	78
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	79
Figure A.7 – Disturbance by a broadband signal (dotted line)	79
Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line)	80
Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line)	81
Figure A.10 – Increase of peak value with superposition of two unmodulated signals	82
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)]	83
Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8)	84
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	91
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	91
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	92
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	92
Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances	93
Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances	94
Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors	20
Table 2 – Applicable frequency ranges and document references for CISPR radiated emission test sites and test methods	30
Table 3 – Minimum dimension of w ($w_{\min}$)	52
Table 4 – Example values of w for three antenna types	53
Table 5 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency	62
Table 6 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception (for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz	69

Table 7 – Minimum measurement times for the four CISPR bands	20
Table A.1 – Combinations of EUT disturbance and ambient emissions.....	73
Table A.2 – Measurement error depending on the detector type and on the combination of ambient and disturbing signal spectra	85
Table C.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth	90
Table C.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates	90
Table E.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals	95

STANDARDSISO.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2010+AMD1:2010 CSV

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 CISPR 16-2-3 consists of the third edition (2010) [documents CISPR/A/886/FDIS and CISPR/A/892/RVD and its amendment 1 (2010) [documents CISPR/A/878/CDV and CISPR/A/894/RVC]. It bears the edition number 3.1.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

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

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: addition of the measurand for radiated emissions measurements in an OATS and a SAC in the range of 30 MHz to 1 000 MHz, and addition of a new normative annex on the determination of suitability of spectrum analysers for compliance tests. Also, numerous maintenance items are addressed to make the standard current with respect to other parts of the CISPR 16 series.

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 the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

INTRODUCTION (to amendment 1)

The recent addition of FFT-based measuring instrumentation in CISPR 16-1-1 necessitates the addition of related specifications for the test methods covered in CISPR 16-2-3. Those new specifications are introduced in this amendment.

STANDARDSISO.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2010+AMD1:2010 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, 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 sub-committees 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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

CISPR 14-1:2005, *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 16-1-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*
Amendment 1 (2004)
Amendment 2 (2006)

CISPR 16-1-4:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances*

CISPR 16-2-1:2008, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*

CISPR 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*

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

CISPR 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 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

Amendment 1 (1997)

Amendment 2 (1998)

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
Amendment 1 (2007)

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 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

absorber-lined OATS/SAC

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

3.2

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

3.3

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

3.4

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. It may be expressed for the *H* plane or for the *E* plane of the antenna

NOTE Antenna beamwidth is expressed in degrees.

3.5

associated equipment

AE

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

3.6

auxiliary equipment

AuxEq

peripheral equipment that is part of the system under test

3.7

basic standard

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

NOTE A basic standard may function as a standard for direct application or as a basis for other standards.

[ISO/IEC Guide 2, definition 5.1]

3.8

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

3.9

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

[CISPR 16-1-4, 3.1.4]

3.10

conformity assessment

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

NOTE The subject field of conformity assessment includes activities defined elsewhere in ISO/IEC 17000:2004, such as testing, inspection and certification, as well as the accreditation of conformity assessment bodies.

[ISO/IEC 17000:2004, 2.1, modified]

3.11

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

[IEC 60050-161:1990, 161-02-11, modified]

3.12

(electromagnetic) emission

phenomenon by that electromagnetic energy emanates from a source

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

3.13

emission limit (from a disturbing source)

specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

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

3.14

equipment-under-test

EUT

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

3.15

fully-anechoic room

FAR

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

3.16**loop-antenna system****LAS**

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

3.17**measurement, scan and sweep times****3.17.1****measurement time** T_m

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency (in some areas also called dwell time)

- 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

3.17.2**scan**

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

3.17.3**span** Δf

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

3.17.4**sweep**

continuous frequency variation over a given frequency span

3.17.5**sweep or scan rate**

frequency span divided by the sweep or scan time

3.17.6**sweep or scan time** T_s

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

3.17.7**observation time** T_o

sum of measurement times T_m on a certain frequency in case of multiple sweeps; if n is the number of sweeps or scans, then $T_o = n \times T_m$

3.17.8**total observation time** T_{tot}

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps); if c is the number of channels within a scan or sweep, then $T_{tot} = c \times n \times T_m$

3.18

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 ~~meets the relevant parts of~~ **complies with** CISPR 16-1-1

3.19

number of sweeps per time unit (e.g. per second)

n_s

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

3.20

open-area test site

OATS

facility used for measurements of electromagnetic fields the intention for which is to simulate a semi-free-space environment over a specified frequency range that is used for radiated emission testing of products. An OATS typically is located outdoors in an open area, and has an electrically-conducting ground plane.

3.21

product standard

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

NOTE 1 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 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.

[ISO/IEC Guide 2, definition 5.4]

3.22

semi-anechoic chamber

SAC

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

3.23

test configuration

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

3.24

weighting (of e.g. impulsive disturbance)

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 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 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

3.24.1**weighted disturbance measurement**

measurement of disturbance using a weighting detector

3.24.2**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

3.24.3**weighting detector**

detector that provides an agreed weighting function

3.24.4**weighting factor**

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

NOTE Weighting factor is expressed in dB.

3.24.5**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

3.25**measurement**

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

[2.1 of ISO/IEC Guide 99:2007][8]¹

3.26**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 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.

[IEC 60050-151:2001, 151-16-13][9]

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.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical² 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:

- a) *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);
- 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
- 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 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.

² Psychophysical means psychological relationship between physical stimuli and sensory response.

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;
- c) ~~when using a spectrum analyzer or scanning receiver, due considerations shall be given to its particular operating and calibration requirements.~~

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. ~~If the spurious noise level exceeds the required level, it shall be recorded in the test report.~~ 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 test site 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 required ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the test unit in place but not operating.

In the case of compliance measurement according to 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. Other actions can also be taken; for example, reduce the bandwidth for narrowband signals and/or move the antenna closer to the EUT.

NOTE If both the ambient field strength and field strength of ambient and EUT are measured separately, it may be possible to provide an estimate of the EUT field strength to a quantifiable level of uncertainty. Reference is made in this respect in Annex C of CISPR 11.

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 the level of which 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 must 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 Operating conditions of the EUT

The EUT shall be operated under the following conditions:

6.4.1 Normal load conditions

The normal load conditions shall be as defined in the manufacturer's product specification relevant to the EUT, and for EUTs not so covered, as indicated in the manufacturer's instructions.

6.4.2 The 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 time is not restricted.

6.4.3 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 equipment publications.

6.4.4 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 times 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.

6.4.5 Mode of operation

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

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 4.2 of CISPR 14-1).
- 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 must 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

~~Clause B.7 provides a table of the minimum sweep times or the fastest practically achievable scan rates. The minimum measurement (dwell) times are given in Table 7. The 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. From that table, the minimum scan times for measurements over a complete CISPR band have been derived in the following Table 1.~~

Table 7 – 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 1 – 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

The scan times in Table 1 apply to the measurement of CW signals. 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 must 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.

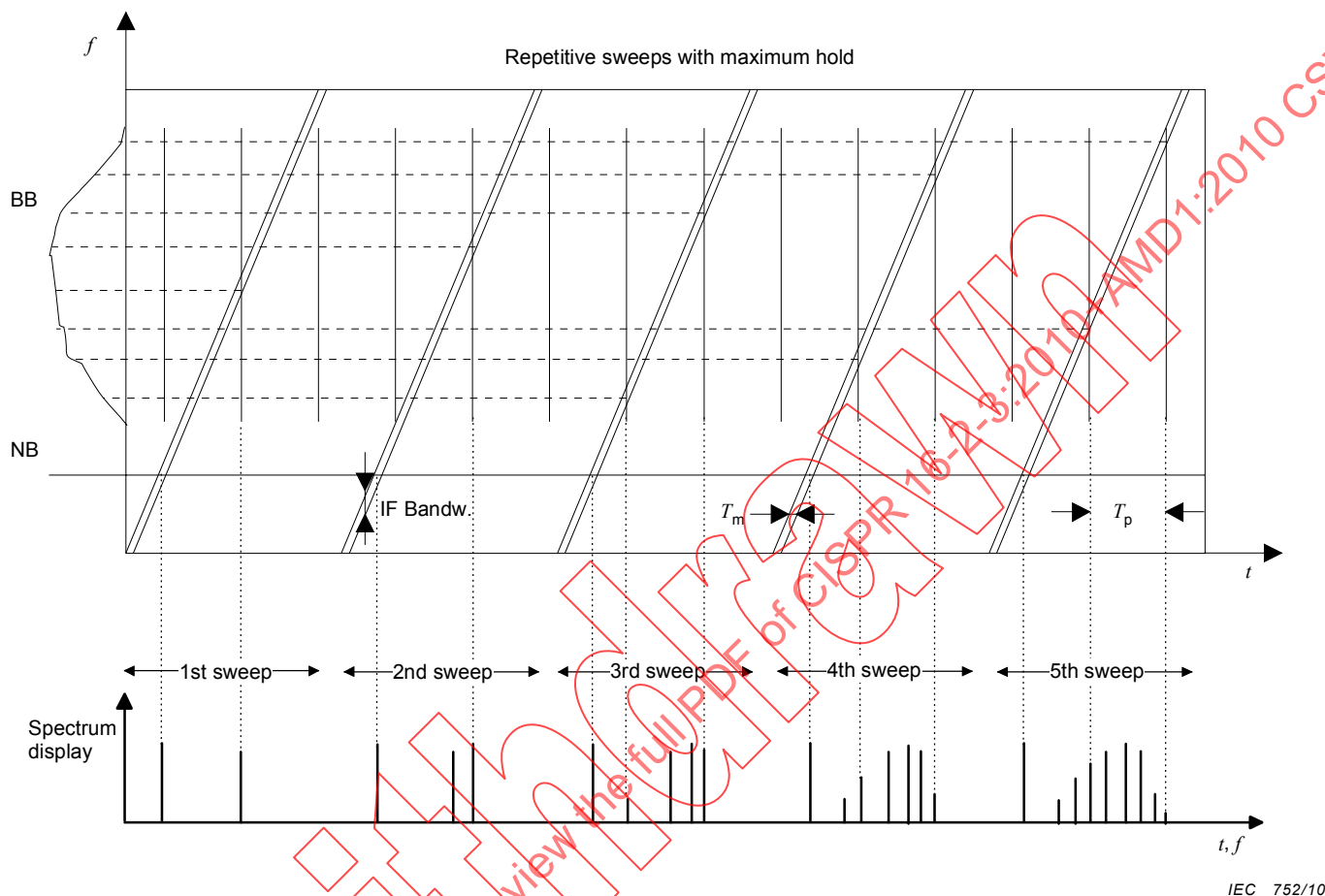
For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case, the objective is to find the maxima of the emission spectrum only.

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 must 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.

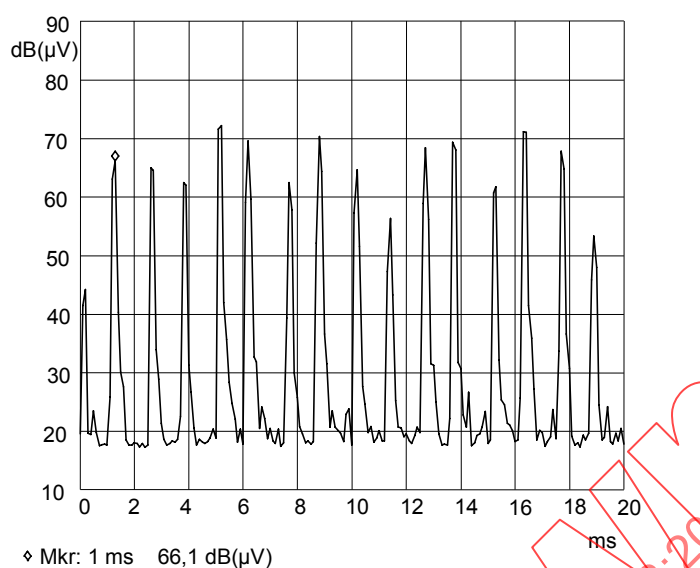


T_0 is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum-vs.-time display (upper part of the figure).

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.

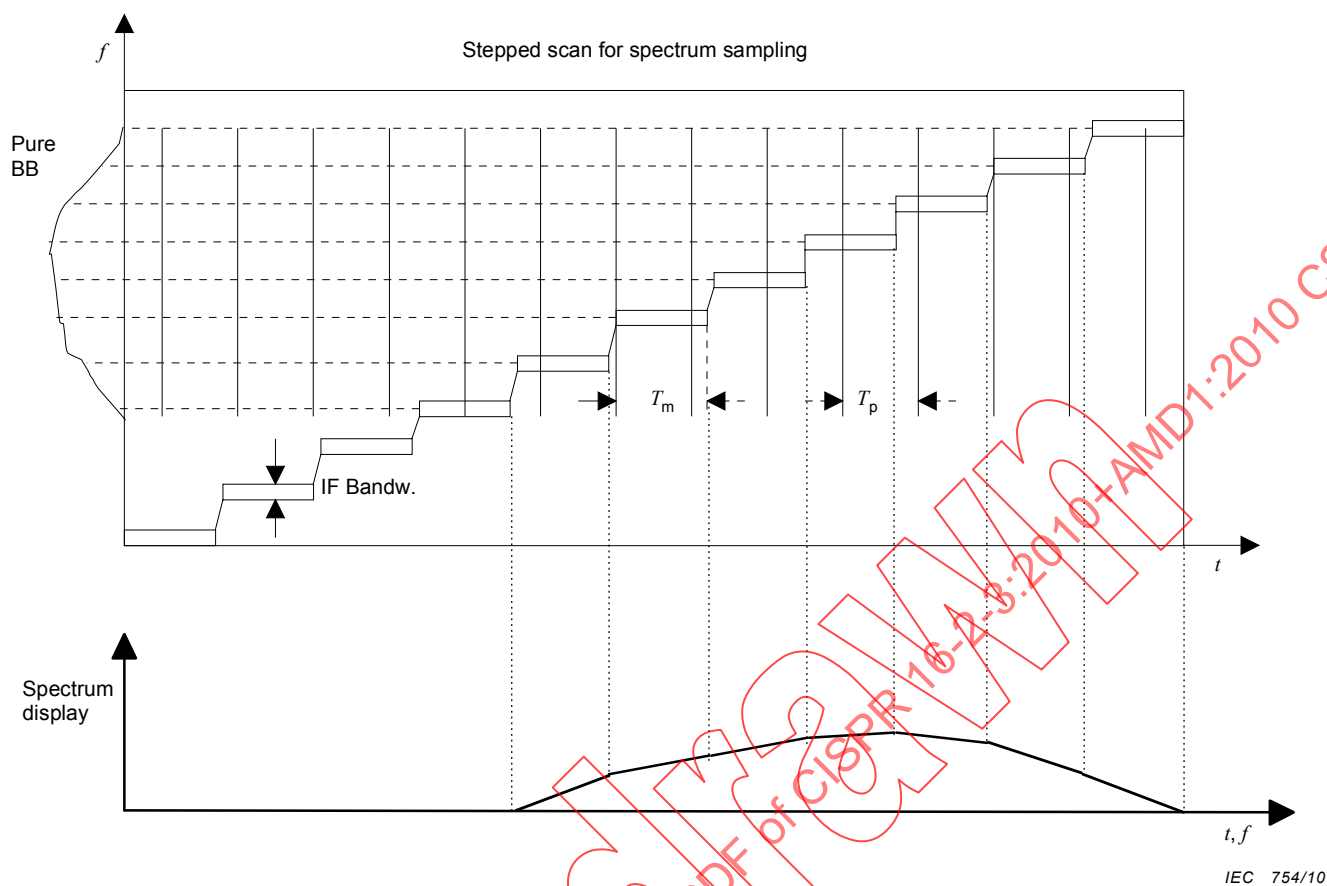


NOTE Disturbance from a d.c. collector motor; due to the number of collector segments, the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies considerably. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is > 10 ms.

Figure 2 – Example of a timing analysis

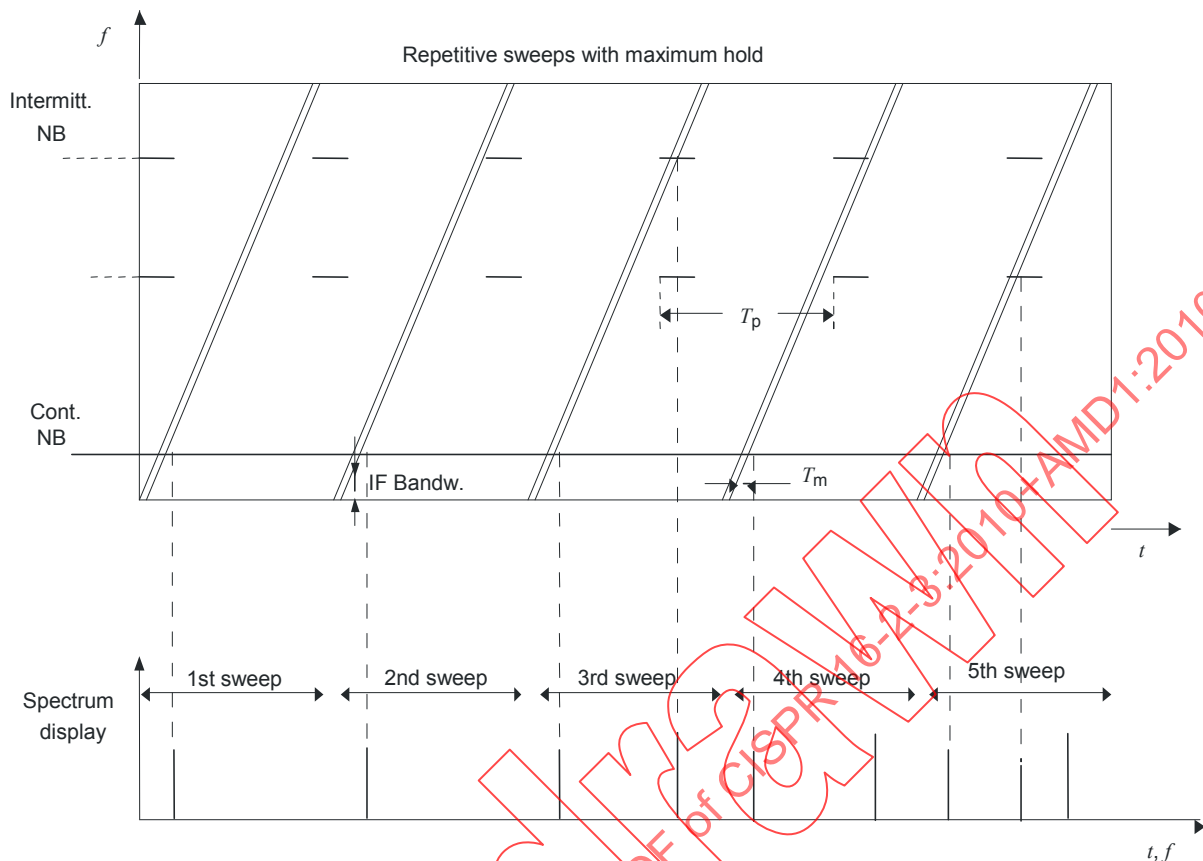
From such a timing analysis, pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected, and according to the following:

- 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.



NOTE 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



IEC 755/10

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 20 for three segments. The total scan time for the frequency range of interest T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (18)$$

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:

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

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

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

This procedure, applied for a step ratio of 3, is displayed on Figure 21.

The scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (19)$$

where

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

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

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (20)$$

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 is currently in preparation for CISPR 16-3³.

³ A CISPR/TR 16-3 is to be published to replace CISPR 16-3:2003 and its amendments.

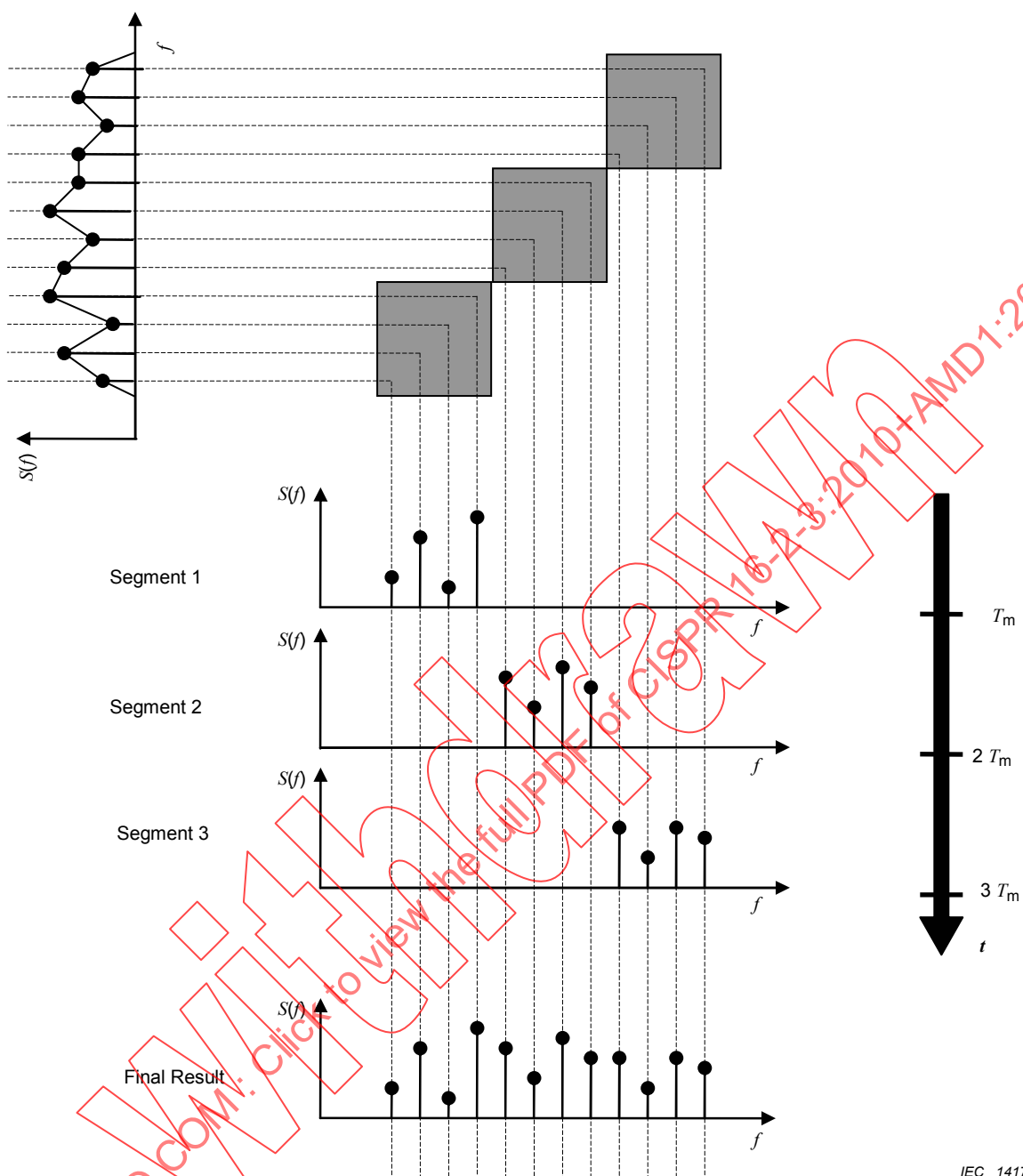
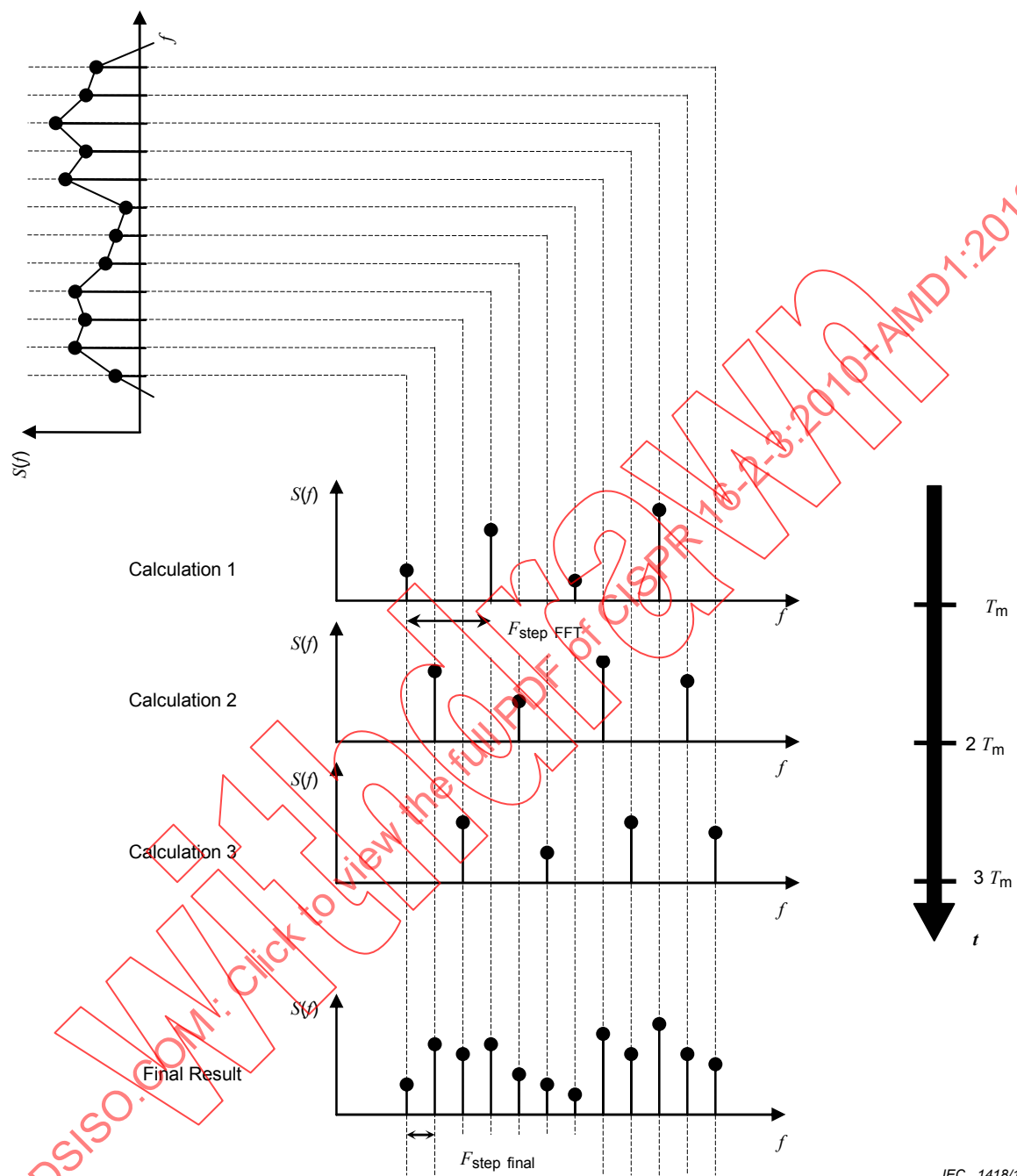


Figure 20 – FFT scan in segments



IEC 1418/10

Figure 21 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument

7 Measurement of radiated disturbances

7.1 Introductory remarks

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 2 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 2 – 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

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

7.2.1 General

The loop antenna system (LAS) 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 LAS by the magnetic disturbance field of the EUT. The LAS shall be validated regularly using the method described in CISPR 16-1-4. CISPR 16-1-4 also gives a complete description of the LAS and a relation between the measuring results obtained with the LAS and those obtained as described in this subclause.

7.2.2 General measurement method

Figure 5 shows the general concept of measurements made with the LAS. The EUT is placed in the centre of the LAS. The current induced by the magnetic field from the EUT into each of the three large loop antennas of the LAS 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 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 LAS having large loop antennas with the standardized diameter of 2 m.

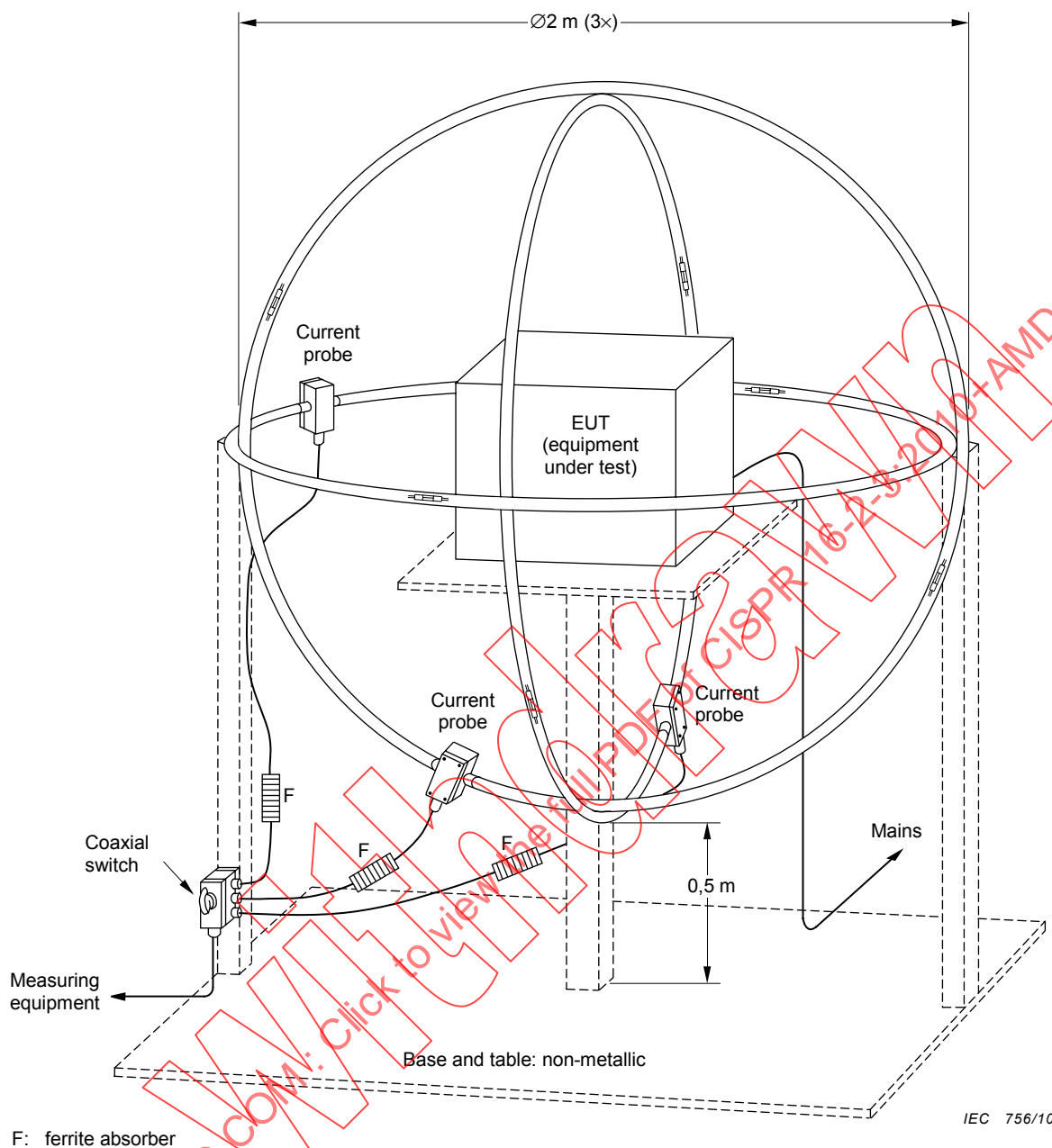


Figure 5 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system

7.2.3 Test environment

The distance between the outer perimeter of the LAS and nearby objects, such as floor and walls, shall be at least 0,5 m. The currents induced in the LAS 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 LAS, 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 LAS.

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 LAS may be increased up to 4 m. In that case:

- a) the current values measured shall be corrected in accordance with B.6 of CISPR 16-1-2; 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 LAS

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 :

$$E = V_r + A_c + F_a \quad (4)$$

where

- E is the field strength in dB($\mu\text{V}/\text{m}$) as in the measurand description;
- V_r is the maximum received voltage in dB(μV) using the procedure as in the measurand description;
- A_c is the loss in dB of the measuring cable between antenna and receiver;
- F_a is the free-space antenna factor of the receive antenna in dB(m^{-1}).

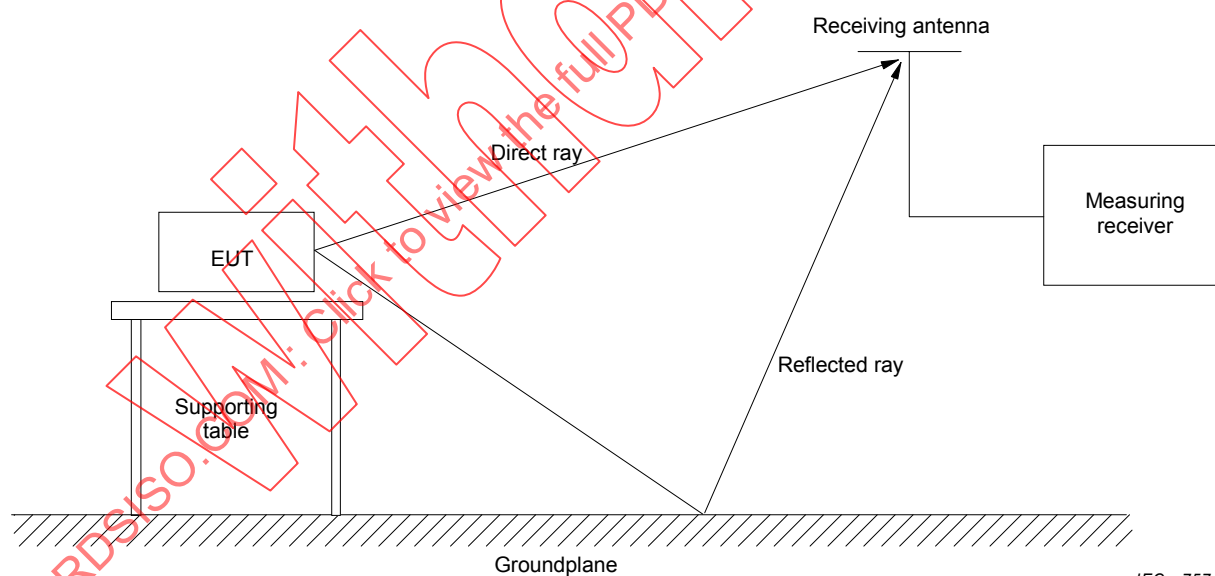
NOTE Free-space antenna factors are used as a figure of merit for the antenna. It should be noted the field strength is measured above a ground plane, not in a free-space environment.

7.3.2 Test site requirements

The test site 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 6 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.



IEC 757/10

Figure 6 – 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: $\log(f_{\text{centre}}) = (\log f_{\text{min}} + \log f_{\text{max}})/2$; $f_{\text{centre}} = 10^{\log(f_{\text{centre}})}$.

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:

- $d \geq \lambda/6$. At this distance $E/H = Z_0 = 120 \pi \approx 377 \Omega$, 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; or
- $d \geq \lambda$, 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; or
- $d \geq 2D^2 / \lambda$, 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 $D \gg \lambda$.

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 exceeds the limit(s), the following alternatives may be used:

- a) perform measurements at a closer distance and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. The extrapolation formula shall be as recommended by the product standard, or shall be verified by measurements at no less than three different distances;
- b) perform measurements in critical frequency bands during hours when broadcast stations are off the air and the ambients from industrial equipment are lower;
- c) 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;
- d) consider the directions of strong ambient signals in orienting the axis of an open field area test site, so that the orientation of the receiving antenna on the site discriminates against such signals as far as possible;
- e) 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 equipment under test

The operating conditions of the EUT shall be specified, e.g. the characteristics of the input signals, the modes of operation, the arrangement of components, the lengths and types of interconnecting cables, etc.

The testing of individual and multi-component systems shall satisfy the following two conditions:

- a) the system is configured for use in a typical manner;
- b) the system is configured in a manner that will maximize disturbances.

The term **system** refers to the EUT in combination with the components that are connected to the EUT and all required connecting cables.

The term **configuration** refers to the orientation of the EUT, the other components of the system, the interconnecting cables, and the power mains leads that comprise the system. During all measurements, the configuration of the system shall be adjusted so that the above two conditions, the condition a) being satisfied first and followed by condition b), are fulfilled, within the guidelines described in the following paragraphs.

The term **typical** is used to describe the arrangement of how the EUT will actually be used. Guidelines for setting up a typical configuration are outlined below.

For equipment designed to be part of a multi-unit system, the EUT shall be installed in a typical system and configured in accordance with the manufacturer's instructions. It shall also be operated in a manner that is representative of the typical usage for that EUT. During all tests, the EUT and all system components shall be manipulated within the confines of typical usage to maximize each disturbance.

Interface cables shall be connected to each interface port on the EUT. The effect of varying the position of each cable shall be investigated to find the configuration that maximizes each disturbance as constrained by its typical configuration in actual use. The number of manipulations may be limited if a few such cable configurations will lead to maximum disturbances over the frequency range investigated.

Interface cables shall be of the type and length specified by the equipment manufacturer. Any excess length of each cable shall be separately bundled in a serpentine fashion at the approximate centre of the cable with the bundle 30 cm to 40 cm in length. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, or because the testing is being done at a user installation, disposition of the excess cable length is left to the discretion of the test engineer and should be noted in the test report. Different requirements for excess cabling may be specified in the product standard.

Cables shall not be placed underneath, on top of the EUT, or on system components, unless it is appropriate to do so, e.g. a cable is normally routed through overhead cable racks or under the ground plane. Cables shall be positioned adjacent to the exterior cabinets of the EUT and all system components only if typically used in that manner. The EUT should be investigated in different modes of operation.

For an EUT normally operated on top of a table, radiated emission tests should be performed with the EUT on a non-conducting table, the top of which is of suitable size. The table should be placed on a remotely controlled rotating platform constructed with non-conducting materials. The top of the rotating platform should normally be less than 0,5 m above the ground plane and the height of the table and platform together 0,8 m above the ground plane. If the rotating platform is at the same elevation as the ground plane, its surface shall be of conducting material and the 0,8 m height shall be measured with respect to the top of the rotating platform. An EUT normally placed on the floor will be tested on the floor. A flush-mounted rotating platform (turntable) is useful in this situation. An EUT that may normally be placed either on the floor or table-top shall be tested as a table-top device.

The EUT shall be grounded in accordance with the manufacturer's requirements and conditions of intended use. If the EUT is operated without a ground connection, it shall be tested ungrounded. When the EUT is furnished with a grounding terminal or internally grounded lead that is to be connected in actual installation conditions, the ground lead or connection shall be connected to a ground plane (or facility for earth ground), simulating actual installation conditions. Any internally grounded lead included in the plug end of the a.c. mains cord of the EUT shall be connected to ground through the mains power service. Except at the manufacturer's intended grounding locations, a floor standing EUT shall be insulated from the ground plane by a dielectric material with thickness of up to 15 cm.

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.

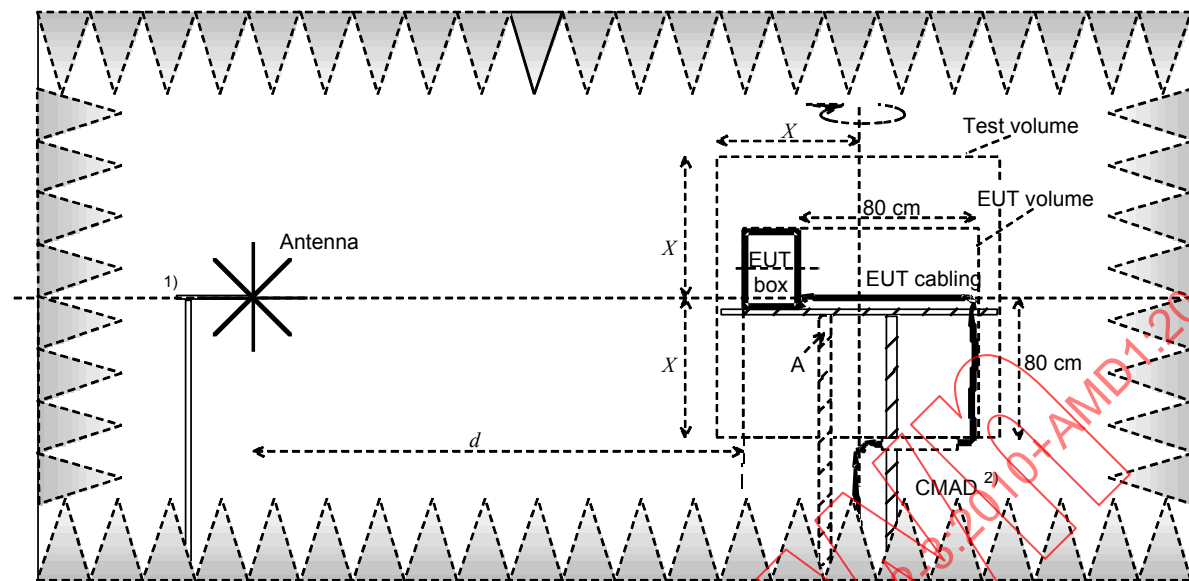
7.3.8 Field-strength measurements on other outdoor sites

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.

Figure 7 – Typical FAR site geometry, where a, b, c, e depend upon the room performance



IEC 759/10

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 7).

2) CMADs shall be used in accordance with the applicable product standard; use (if required) shall be documented in the test report.

Figure 8 – 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.

The correction factor, C_{dr} in dB, in Equation (5), may be added to the field strength in order to reduce its uncertainty. In the calibration procedure for the antenna a phase correction factor C_{dr} is measured for each frequency. The measurement procedure is defined within the antenna calibration, or calculated from the mechanical spacing of the log-periodic elements along with the antenna factor F_a . The two factors (C_{dr} and F_a) in dB are added to the output voltage of the antenna to get the field strength, per Equation (6). If a phase centre correction is not included, an additional term must be included in the uncertainty budget.

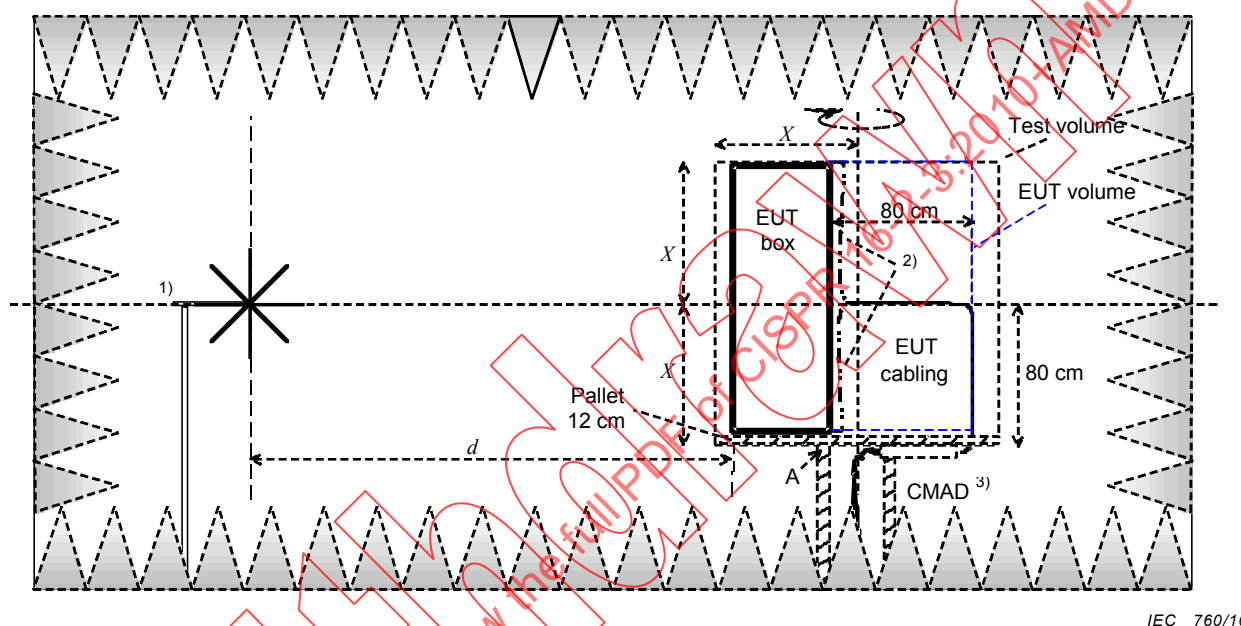
$$C_{dr} = 20 \log[(d + P_f - r)/d] \quad (5)$$

The field strength is given by:

$$E_f = V_f + F_a + C_{dr} \quad (6)$$

where

- f is the frequency (MHz);
- d is the required separation point from the EUT boundary to the reference point on the antenna (m);
- P_f is the phase centre position as a function of frequency, (m from tip of antenna);
- r is the distance of the reference point on the antenna from the antenna tip (m);
- E_f is the E -field at distance d from the source [dB(μ V/m)];
- V_f is the voltage at the output of the antenna at frequency f [dB(μ V)];
- C_{dr} is the phase centre correction factor (dB);
- F_a is the antenna factor (free space) for the E -field at the phase centre [dB(m⁻¹)].



- 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 7).
- 2) The cable layout depends on the location of the cable outlets and shall be close to the surface of the housing.
- 3) CMADs are to be used in accordance with the applicable product standard; use (if required) must be documented in the test report.

Figure 9 – Typical test set-up for floor-standing equipment within the test volume of a FAR

7.4.2 EUT position

Figure 8 and Figure 9 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 the EUT 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 of length 30 cm to 40 cm 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 7 and Figure 8), the EUT may remain on a non-conductive transport pallet during the test (Figure 9). 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 8 and Figure 9). 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 8 and Figure 9). 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 must 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 must 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 must 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 must be taken.

- e) The test set-up including cable layout, specifications of attached cables and terminations, and measures taken to suppress the emission influence of the cable length outside the test volume (for instance the use of ferrite clamps) are specified in the different product standards.

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 [3])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.

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 10). 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.

⁴ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

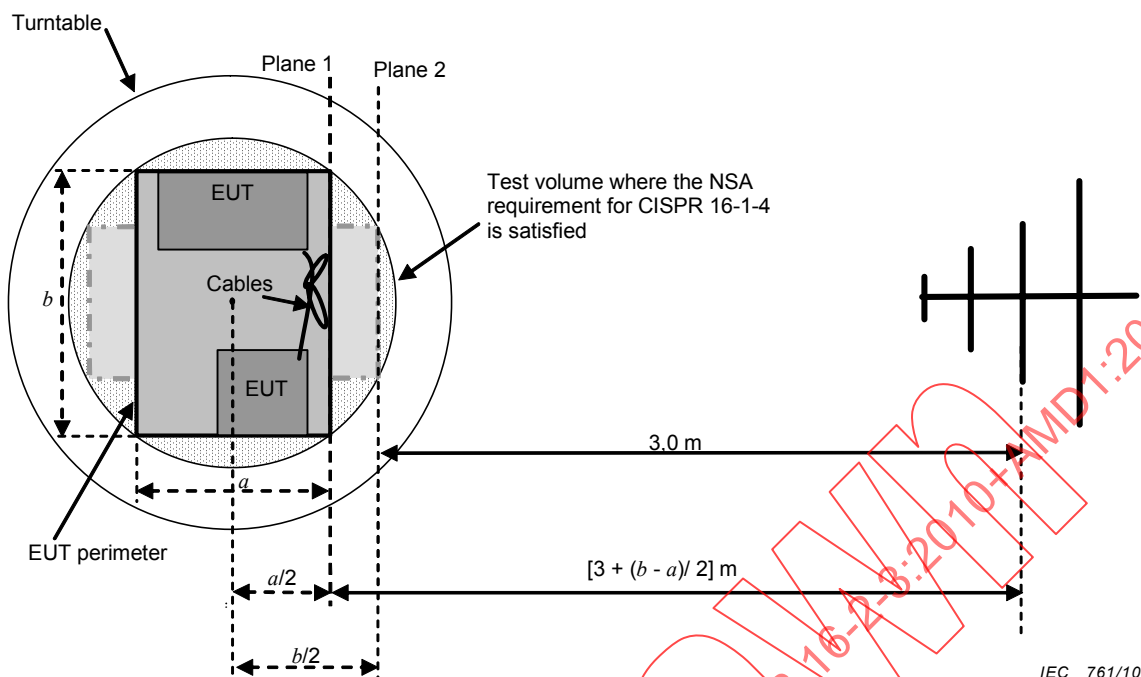


Figure 10 – Positions of reference planes for uniform field calibration (top-view)

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 10, 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 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 10 (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 must 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 setup

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.

- Table-top equipment is placed on a non-conductive setup 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 ~~must take precedence 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 11 and Figure 12), 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 11 and Figure 12 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 13 and Figure 14), 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 Figures 11 and 12) and approximately 1 m for floor-standing equipment (see Figures 13 and 14).
- 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 must 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 must be taken to ensure that AE does not affect the radiated emissions measurements or the radiated immunity tests. 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.

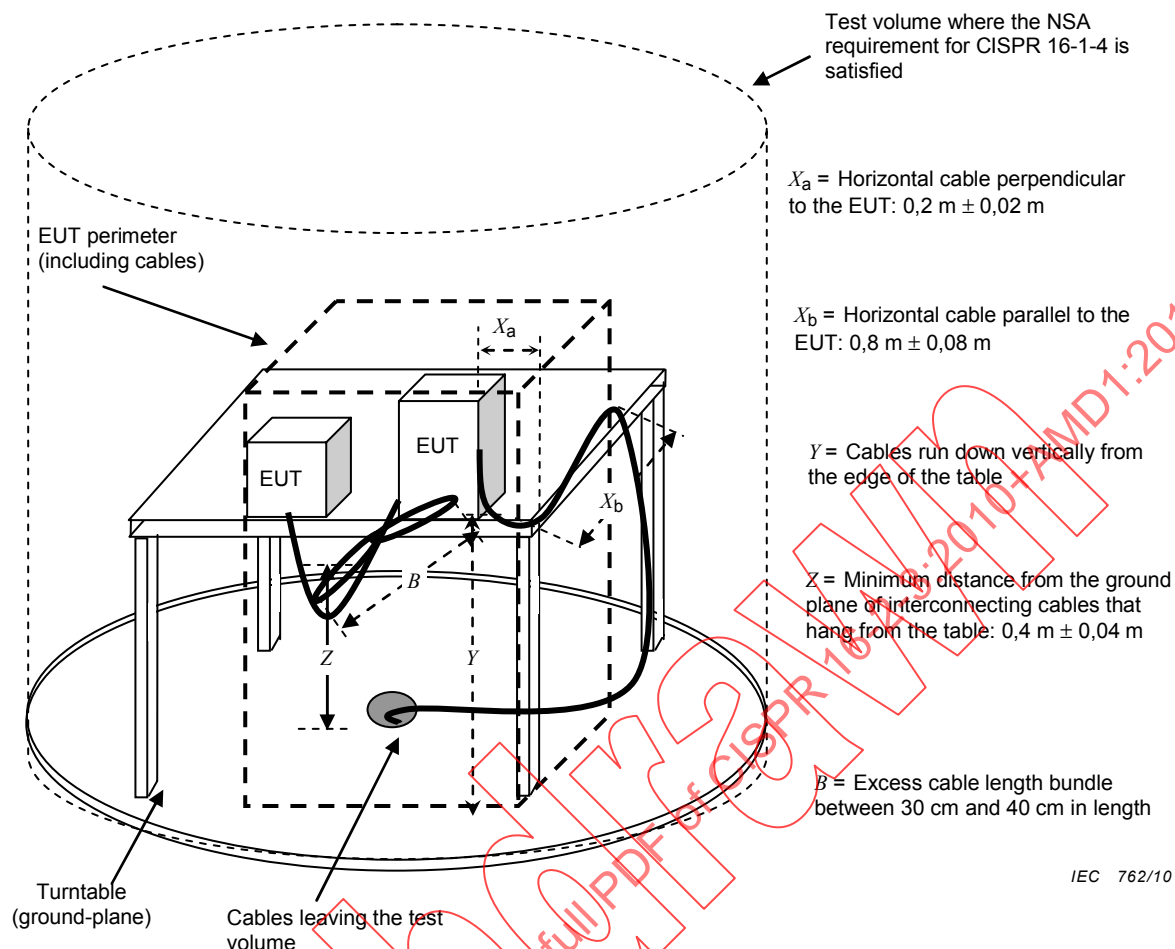


Figure 11 – Test set-up for table-top equipment

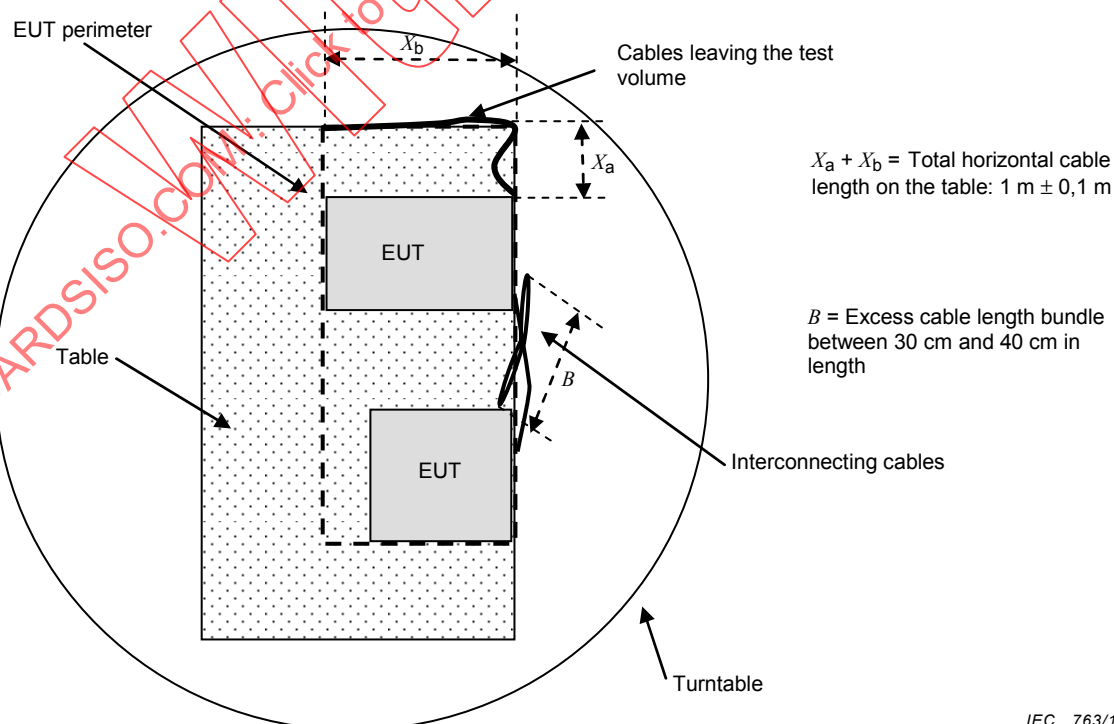


Figure 12 – Test set-up for table-top equipment – Top view

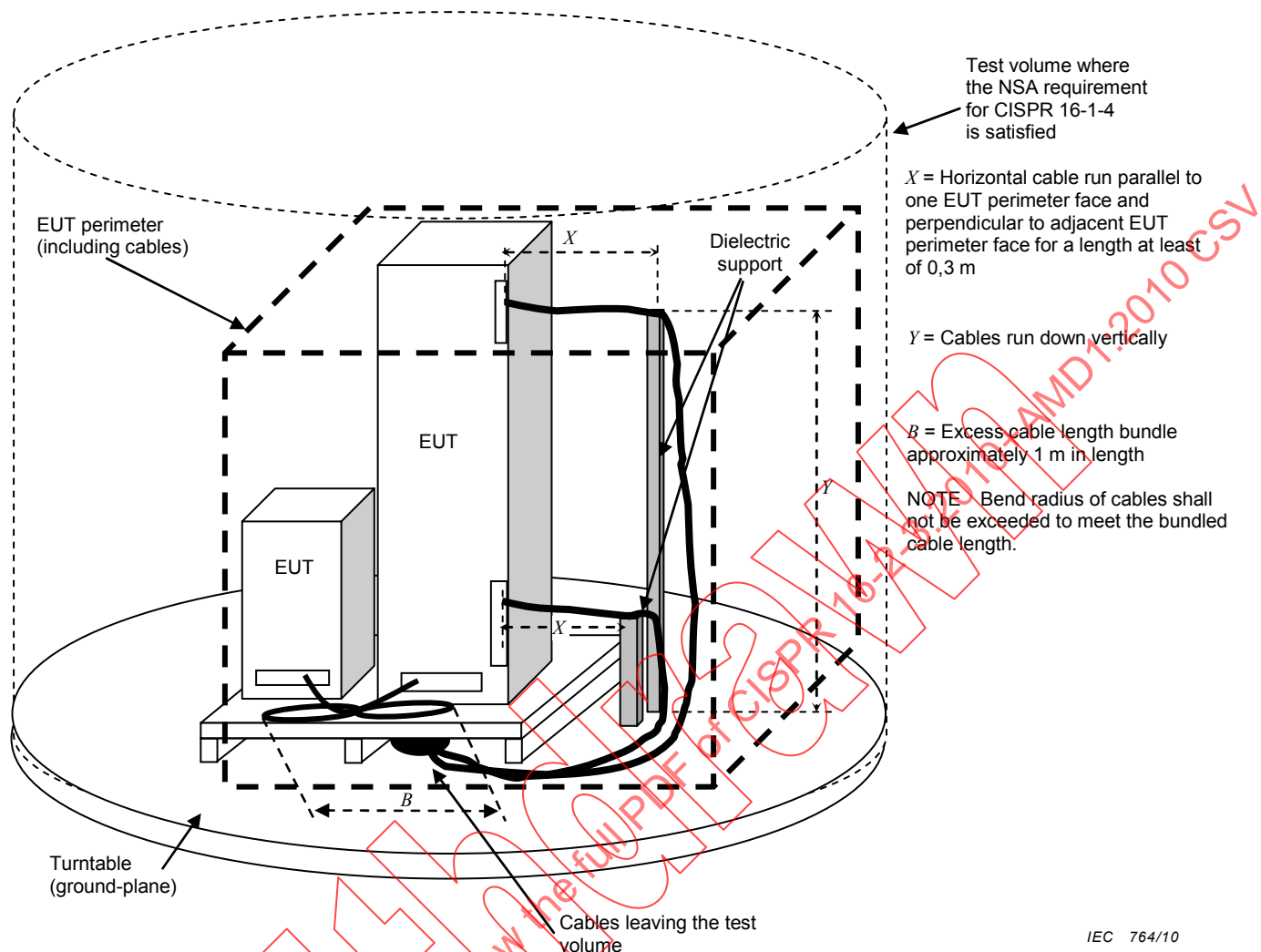


Figure 13 – Test set-up for floor-standing equipment

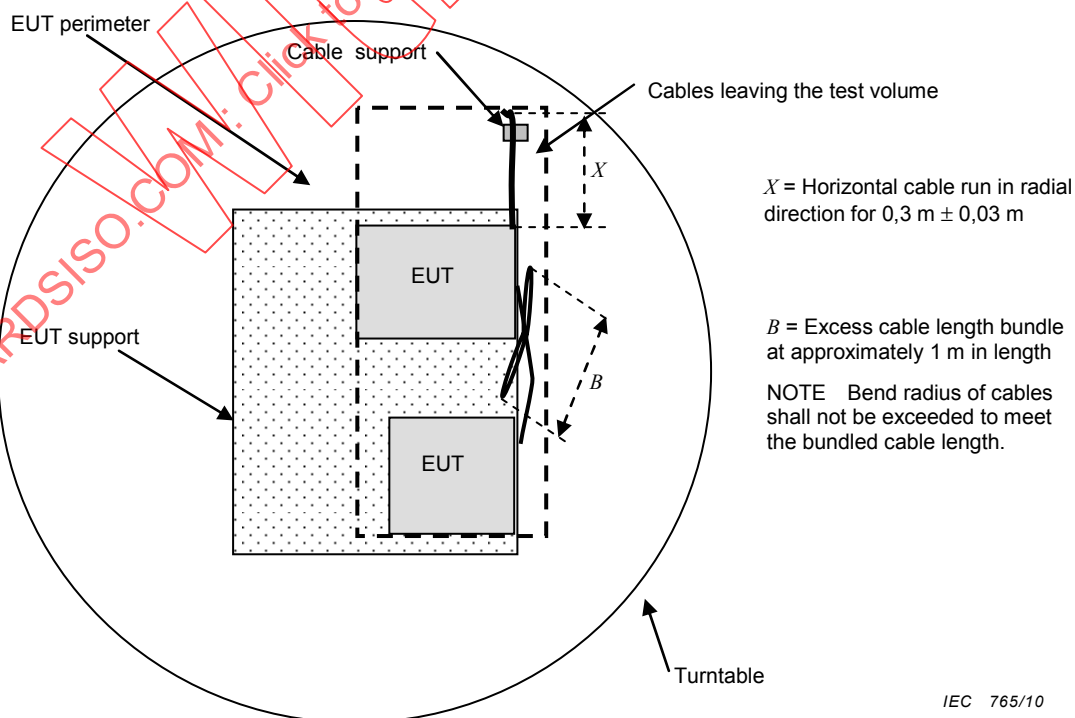


Figure 14 – Test set-up for floor-standing equipment – Top view

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

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.

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(μV/m), at a 3 m distance is:

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

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

$$E_d = P_{RE} + 7,4 + 20 \log\left(\frac{3}{d}\right) \quad (8)$$

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 15). 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 $D^2/(2\lambda)$;
- greater distances for large EUTs to allow the antenna beam to encompass the EUT.

NOTE 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.

If measurements are made at a distance other than 3 m (see note above), 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 15).

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 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.

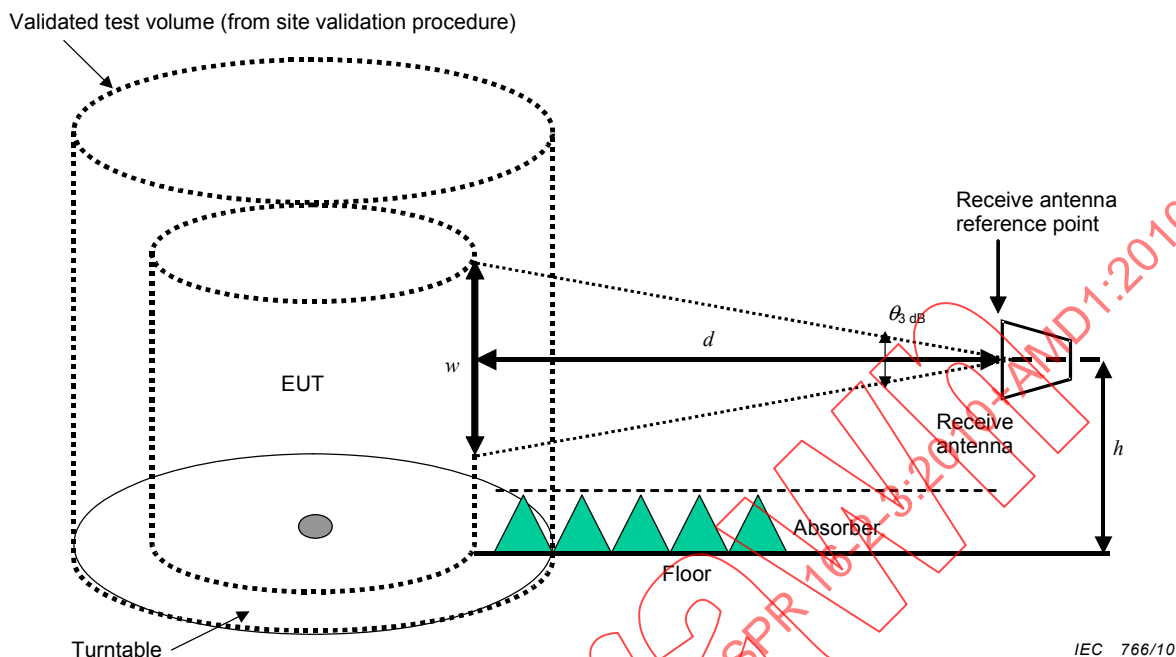
NOTE A spectrum analyzer can be used to perform average measurements by setting the display mode to linear and the video bandwidth to a value that is lower than the lowest spectrum component of the input signal to be measured. For example, if the input signal has a 1 kHz pulse repetition frequency (PRF), 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 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 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 15.



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

The following descriptions apply to the parameters and terms given in Figure 15.

- 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. The EUT that is located within this cylinder must be capable of rotating about its centre (typically by a remotely controlled turntable). The EUT must 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).
- $\theta_{3\text{ dB}}$: The 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 and the reference point of the receive antenna.
- w : The dimension of the line tangent to the EUT formed by $\theta_{3\text{ dB}}$ at the measurement distance d . Equation (9) 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:

$$w = 2d \tan(0,5 \theta_{3\text{ dB}}) \quad (9)$$

w shall be of the minimum dimension as specified in Table 3.

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

Table 3 specifies the minimum acceptable dimension of w ($w_{\min}$). The minimum requirements shown in Table 3 are calculated from Equation (9) based on testing at the minimum permitted measurement distance of 1 m specified in 7.6.2, and the values of $\theta_{3\text{ dB}(\min)}$ 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 3 at any frequency where the field is measured. At frequencies not shown in Table 3, the limit of $w_{\min}$ shall be linearly interpolated between the nearest two frequencies listed. Table 4 gives example values of w calculated using Equation (9) 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 16 for two typical categories of EUTs.

Table 3 – 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

NOTE 1 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 (9) is met.

NOTE 2 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 (m^2).

NOTE 3 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.

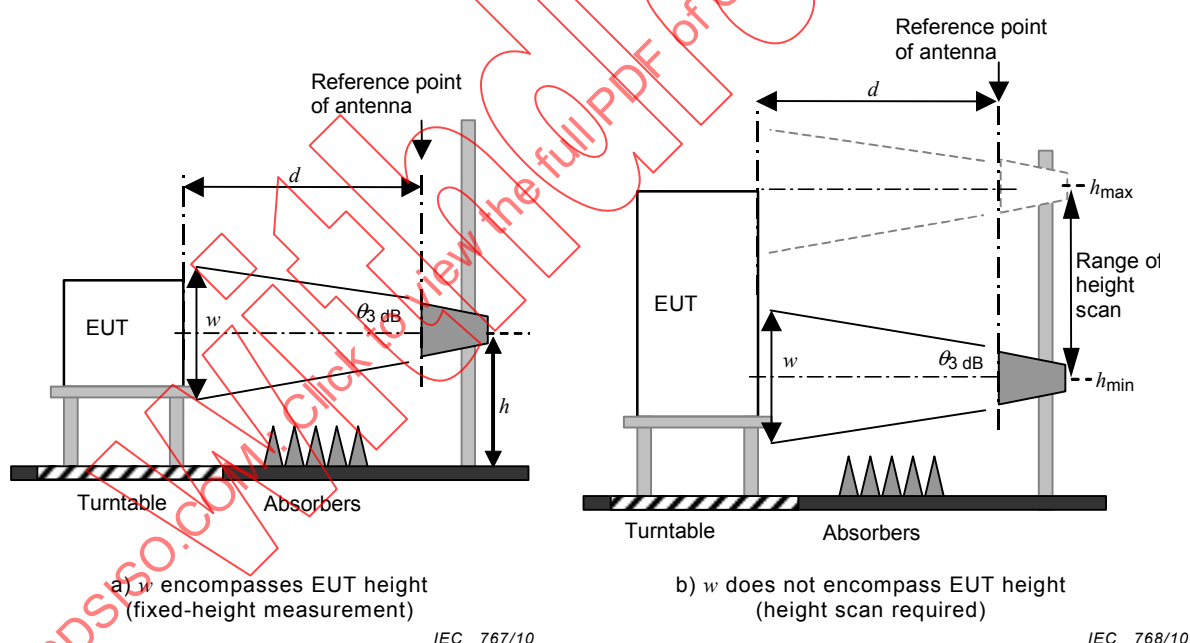
NOTE 4 The height scan requirement depends on w such that it may be advantageous to maximize w by selection of a wider beamwidth antenna and a larger measurement distance than the minimum requirements shown.

NOTE 5 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 4 – 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 16 – 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 16 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 16 b). The required scanning range for h is 1 m to 4 m. If 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.

NOTE 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.

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.

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 7.6.6.2.2). Then the final emission test is performed (see 7.6.6.2.3). 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 different from the limit distance, a measurement at the limit distance should be made first, to help in interpreting the resulting data ~~in case of dispute~~.

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 Preliminary measurement procedure

The procedures of this subclause are for informative purposes – normative measurement requirements are listed in 7.6.6.2.3. The maximum radiated emission 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 emissions are as follows.

- a) Use scan or sweep mode over the complete frequency range of the antenna using peak detection and Max-Hold mode.
- b) The proper sweep or scan time should be determined to ensure adequate signal interception.
- c) If necessary, during preliminary tests, the resolution bandwidth may be reduced in sweep mode to reduce the displayed noise level of the spectrum analyzer or receiver. Note that this may reduce the amplitude of broadband emissions, so additional investigations to determine whether the emissions are 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 emissions at each frequency of interest.

- e) For continuous turntable rotation mode, spectrum-analyzer sweep time should be set 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 spectrum analyzer, a smaller frequency range should be used to reduce spectrum analyzer sweep time and to achieve the maximum 15° turntable rotation per sweep.
- f) As needed to identify the frequencies of maximum emissions, the method described above may be applied for all the height levels required by 7.6.6.1 (and Figure 16), 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.

7.6.6.2.3 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 emission, as identified during the preliminary emission maximization (the receiving antenna being aligned with this maximum emission). Final measurements shall be done using the EUT operational mode identified by preliminary measurements to have the highest emissions.

This final measurement shall be the result of a maximum hold on the spectrum analyzer 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 emission 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 16 a)].
- 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.
- c) In all cases, in order to find the maximum emissions, 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 emissions 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 from 0° to 360° either by a turntable or movement of the receive antenna around the volume.
- 2) The receive antenna shall be height-scanned if the EUT height is larger than w in the vertical direction.
- 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 4.6 of CISPR 16-3 [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.

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(μV/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(μV/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 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 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 1 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 analyser 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.

NOTE 2 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 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.

NOTE 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 Ω 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 (10).

$$E_{\text{std}} = E_{\text{meas}} + 20 n \log \frac{d_{\text{meas}}}{d_{\text{std}}} \quad (10)$$

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 (10) 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 (12)]. 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 at 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
- $d \geq 2D^2/\lambda$ (11)

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 (10) 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:

$$P_r = P_g + G \quad (12)$$

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:

$$P_r = P_g + G + 4 \text{ dB} \quad (13)$$

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:

$$E_{\text{free}} = \frac{7\sqrt{P_r}}{d_{\text{std}}} \quad (14)$$

where

E_{free} is in $\mu\text{V/m}$;
 P_r is in μW and
 d_{std} is in m .

If the calculated free-space field strength of Equation (14) is compared with limits of disturbance field strength measured at a standard test site, it must 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 (14), due to the reflections from the ground plane. Equation (14) 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:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \log d_{\text{std}} + 22,9 \quad (15)$$

For horizontal polarization below 160 MHz the maximum field strength is not measured at standard test sites. Therefore the 6 dB factor must be corrected using the following equation, for that Table 5 shows several calculated values.

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

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 5 – Horizontal polarization correction factors as a function of frequency

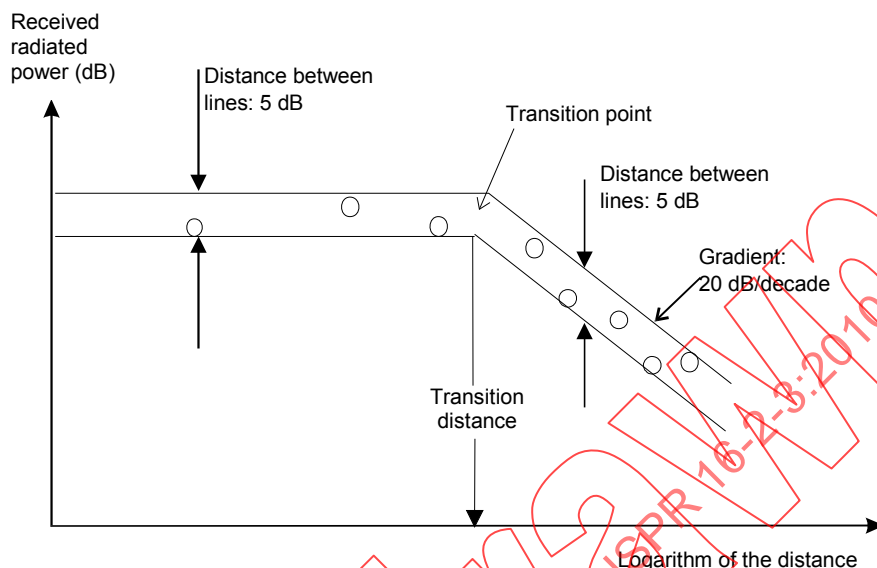
f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

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 17. 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.



IEC 769/10

Figure 17 – 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 :

$$P_r = P_g + G \quad (17)$$

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 18 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 must be related 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.

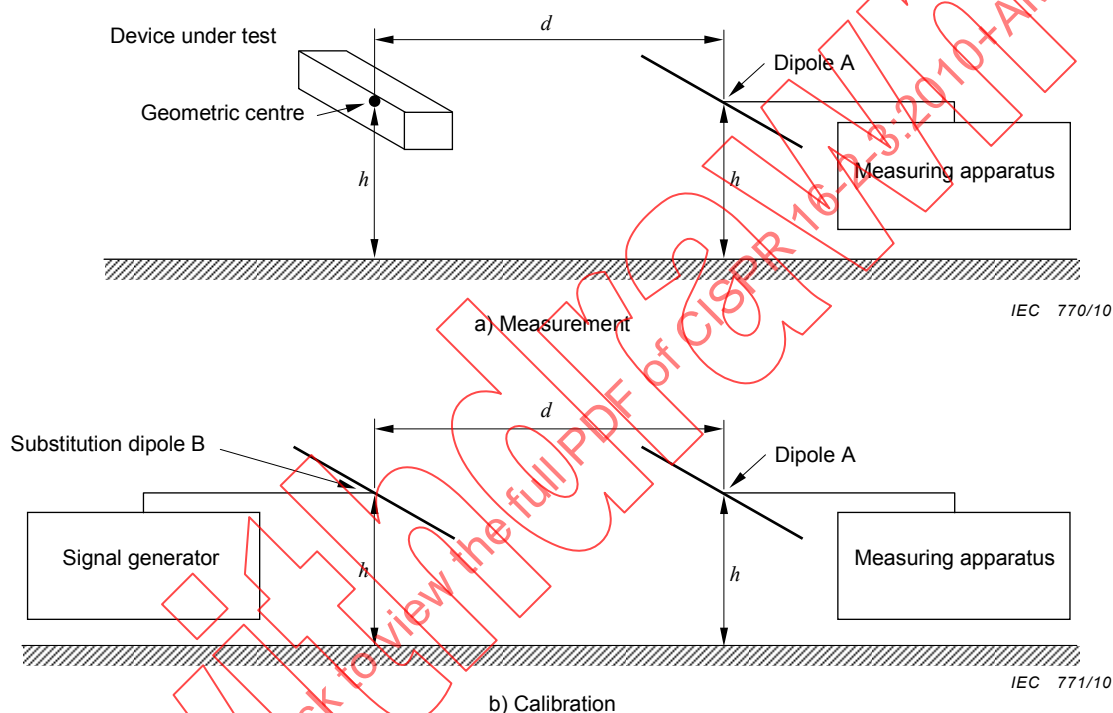


Figure 18 – Substitution method set-up geometries for: a) measurement, b) calibration

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 18). 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 must 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. 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.

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 19 will yield a reduction in measurement time.

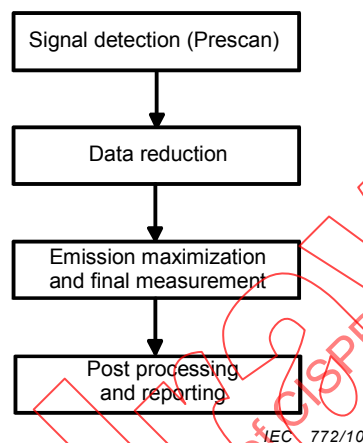


Figure 19 – Process to give reduction of measurement time

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 max-hold with a min-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 max-hold result and min-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 max-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, 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 1000 MHz, the antenna height may be preset to fixed heights given in Table 6, based on measurement distance, frequency range and polarization. The necessary pre-scan measurements must 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 6 – Recommended antenna heights to guarantee signal interception (for pre-scan) in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

Measurement distance m	Polarization h - horizontal v - vertical	Frequency range MHz	Recommended antenna heights for each frequency range (minimum / maximum) 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
30	h	300 to 600	1 / 2 / 3,5
		600 to 1 000	1 / 1,5 / 2 / 3,5
	v	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

NOTE 1 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.

NOTE 2 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. 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);
- 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 max 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 must 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. But aside from this caveat, the following procedures can be used.

A.2 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

NOTE This method does not consider the procedures of 10.8 of CISPR 22 [3].

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 analysers 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 a 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.

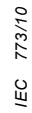


Figure A.1 – Flow diagram for the selection of bandwidths and detectors and the estimated measurement errors due to that selection

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, (Annex A of [3])]. 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.

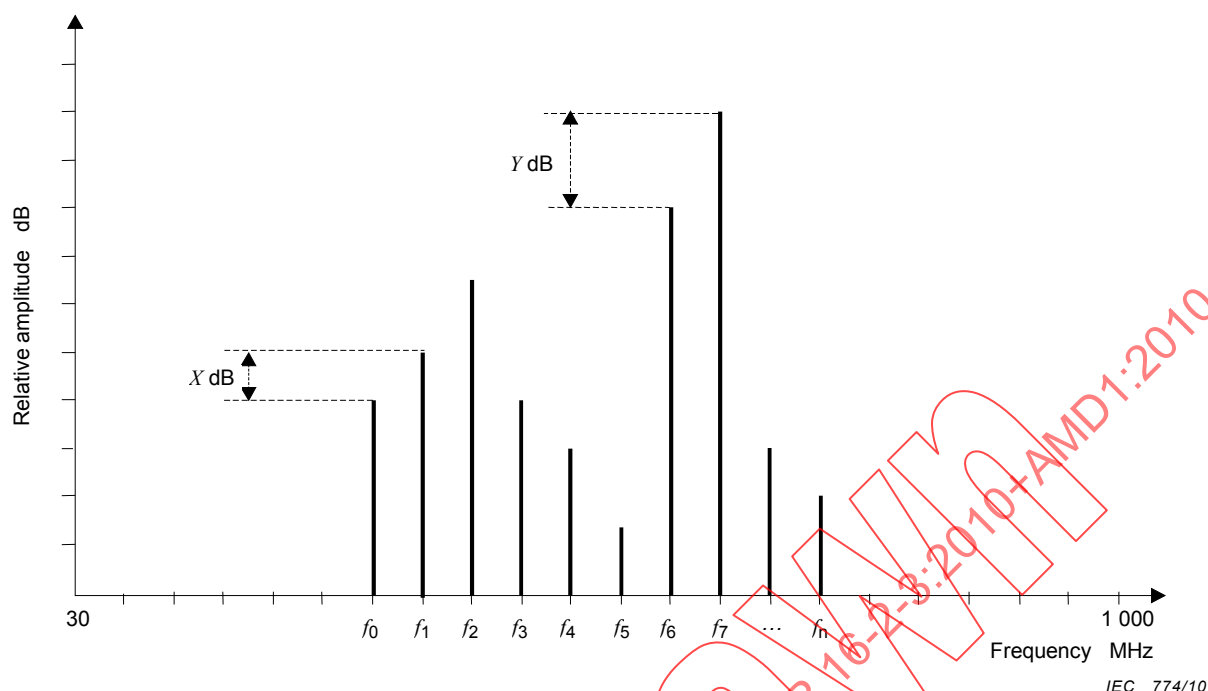
These pre-test results may be used to determine product emission amplitudes in certain restrictive situations. In particular, when the final compliance test is performed at an OATS and one (or more) of the frequencies are masked (hidden) by an RF ambient, chances are that an adjacent frequency to these 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 analyser 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 that two adjacent frequency emissions are X dB different in amplitude (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 c) 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

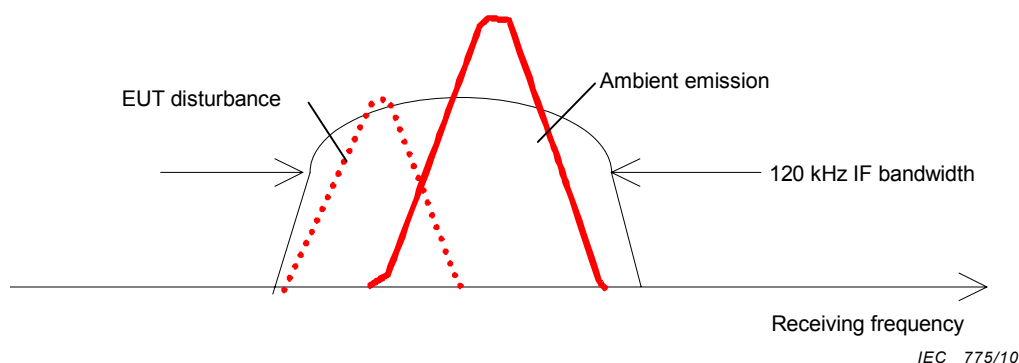
A.4.3.1 General

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

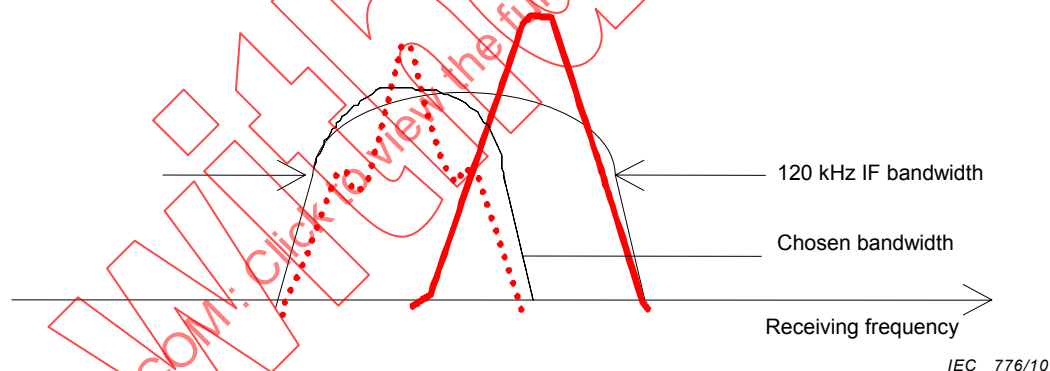
The unmodulated EUT disturbance (see Figure A.3) can be separated from the ambient signal carrier by choosing a suitably narrow measurement bandwidth. Either the peak or the average detector may be used. There is no additional measurement error compared with the quasi-peak detector. If the difference 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.

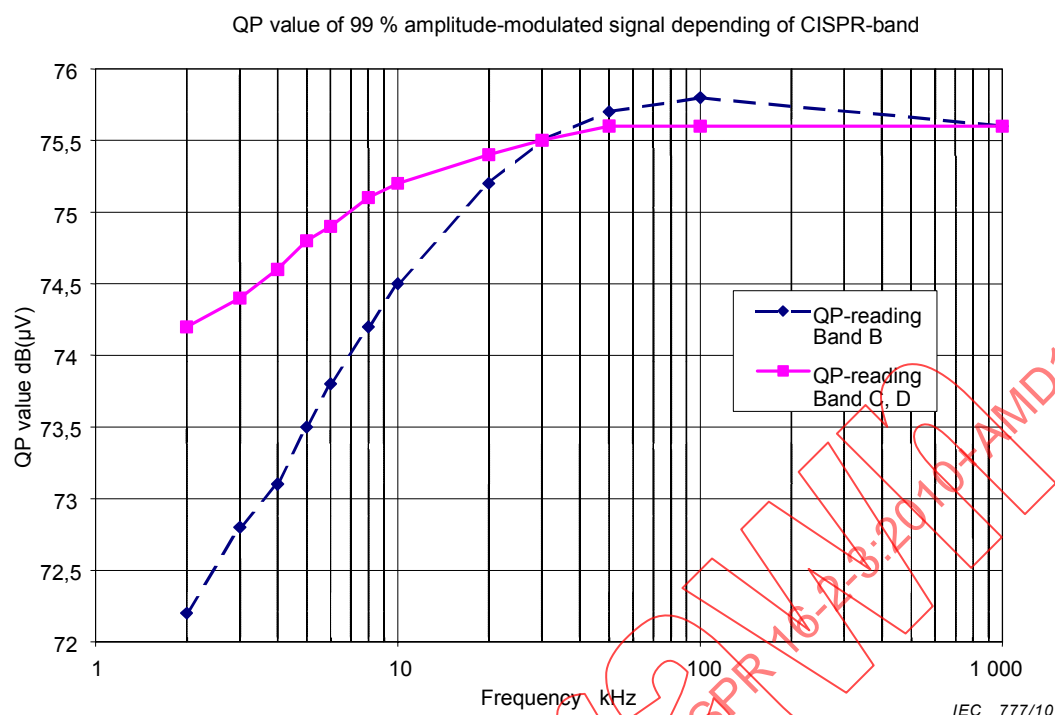


Figure A.5 – Indication of an amplitude-modulated signal as a function of modulation frequency with the QP detector in CISPR bands B, C and D

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 must 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.

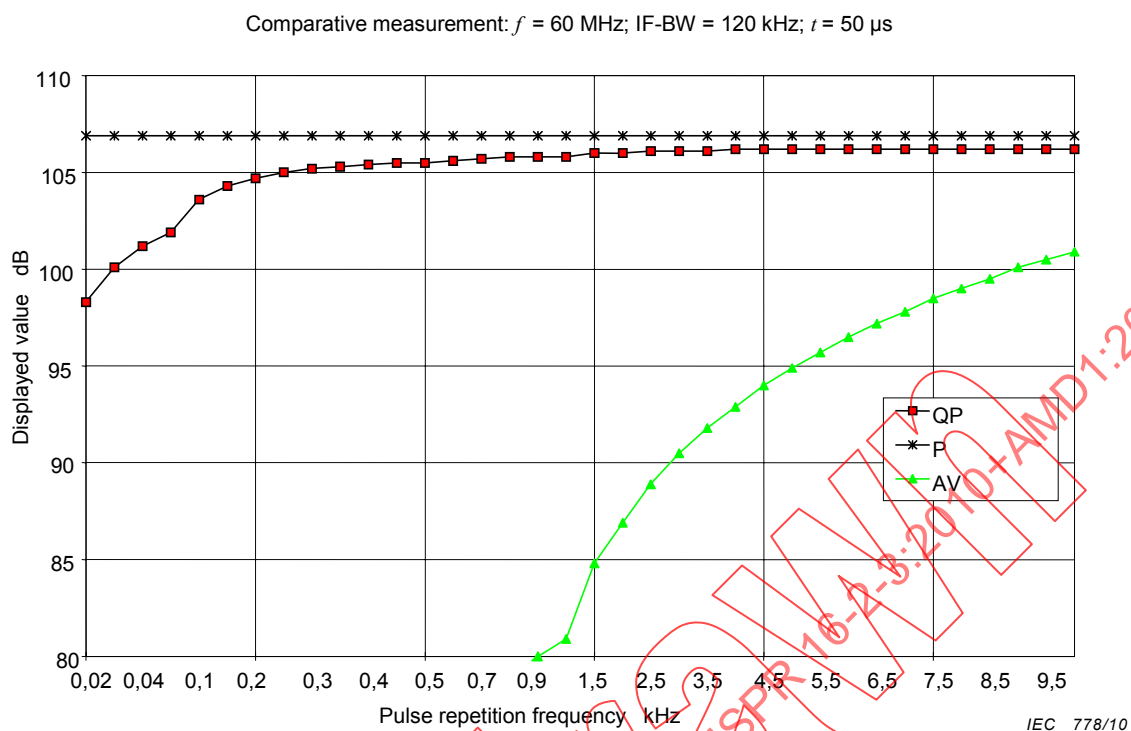
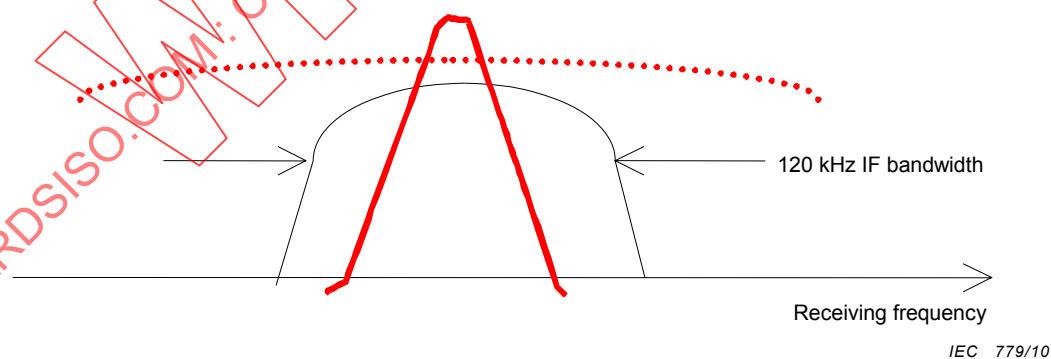


Figure A.6 – Indication of a pulse-modulated signal (pulse width $50 \mu\text{s}$) as a function of pulse repetition frequency with peak, QP and average detectors

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.



Key

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

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).

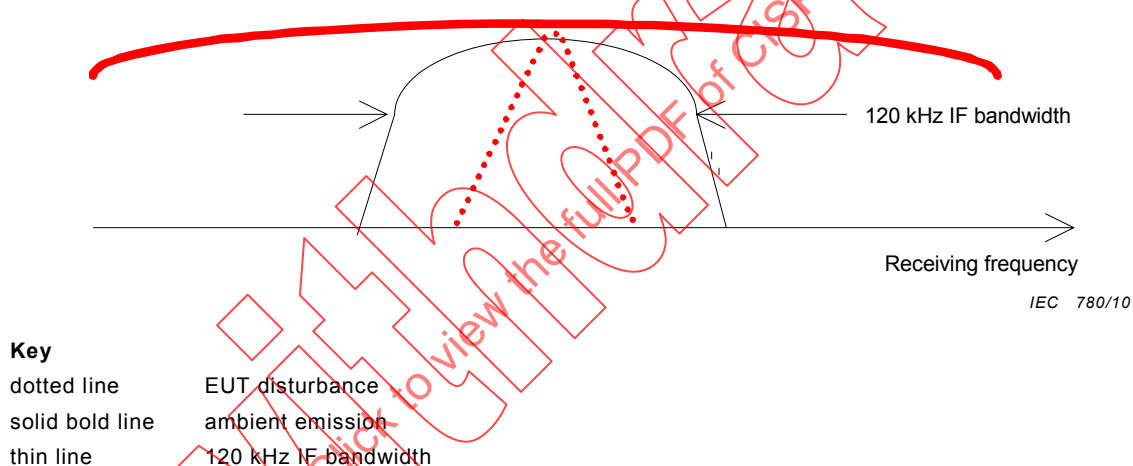


Figure A.8 – Unmodulated EUT disturbance (dotted line)

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).

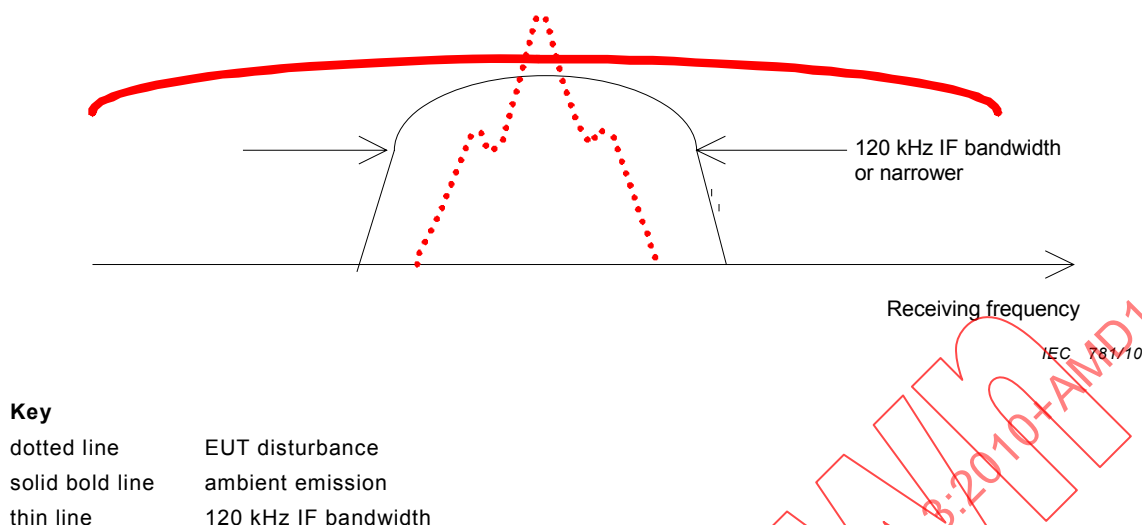


Figure A.9 – Amplitude-modulated EUT disturbance (dotted line)

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.

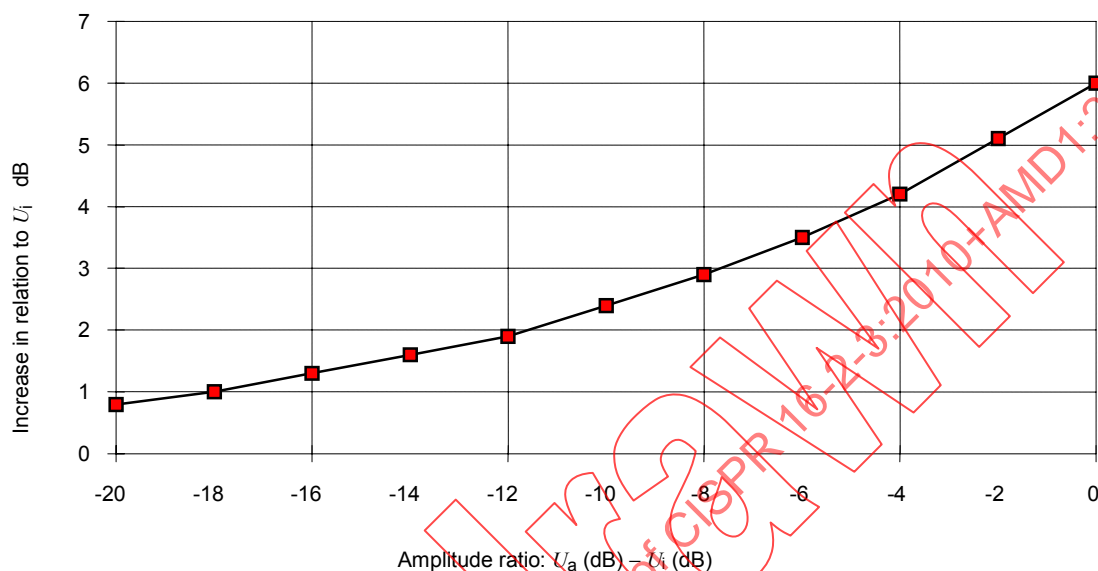
NOTE A scanning receiver or spectrum analyser will show the spectra of two different broadband signals, unless the signal frequencies or pulse rates are harmonically related with each other, or the sweep rate of the measuring instrument is harmonically related with the measured pulse rates.

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 (Figure A.10).



U_a is level of ambient emission

U_i is level of EUT disturbance

IEC 782/10

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.

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

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

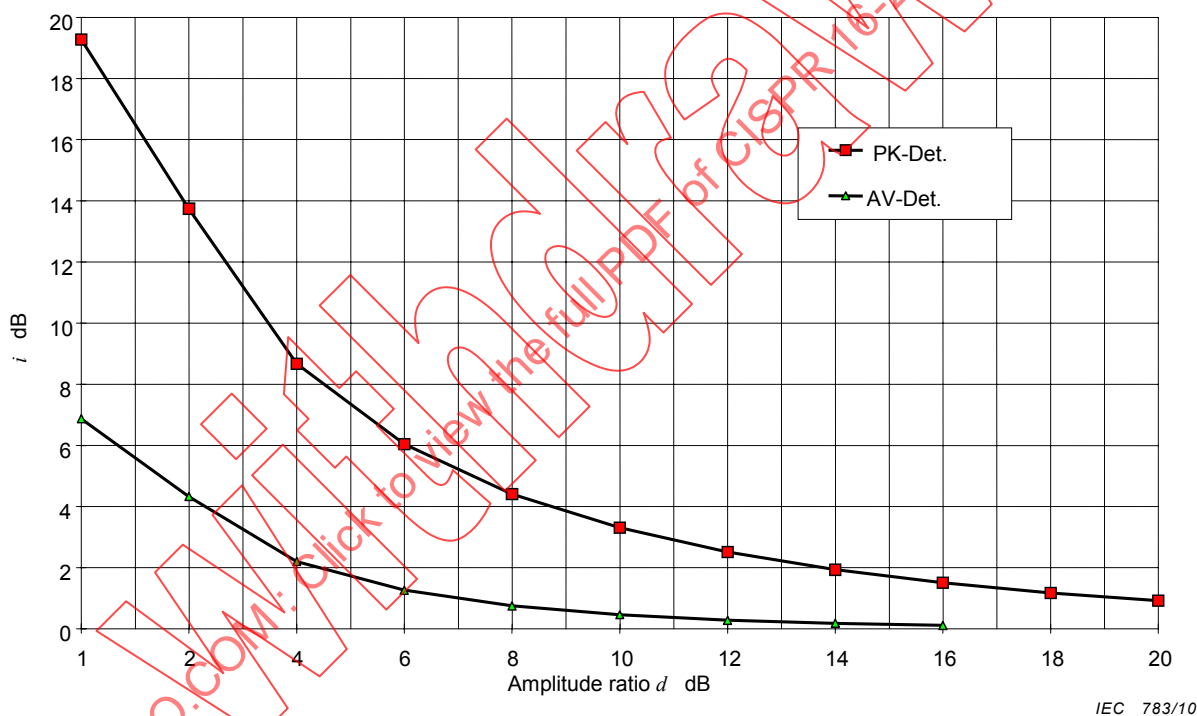
$$U_{i,\text{dB}} = U_{r,\text{dB}} + 20\log\left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (\text{A.5})$$

Defining i by Equation (A.6) as

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

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:

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



IEC 783/10

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

$$d = U_r - U_a$$

$$U_i = U_r - i$$

$$i = -20\log(1 - 1/D)$$

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(μ V/m) (EUT off);
- measure the resultant field strength U_r in dB(μ V/m) (EUT on);
- determine $d = U_r - U_a$;
- find the value of i from Figure A.11;
- 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

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

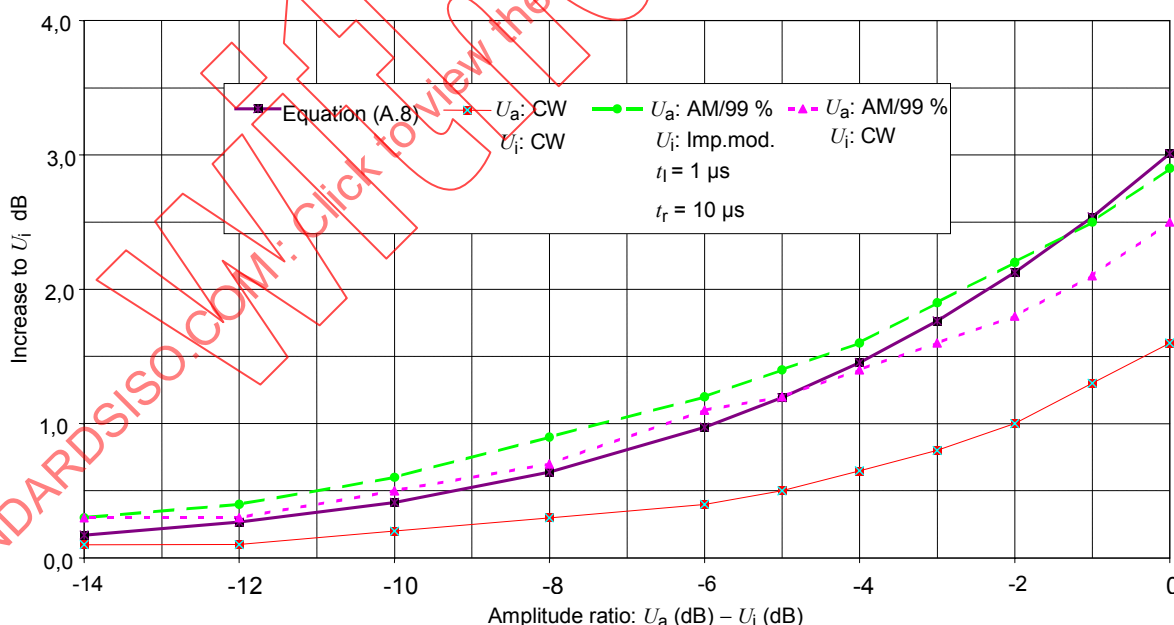


Figure A.12 – Increase of average indication measured with a real receiver and calculated from Equation (A.8)

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 $\left(\frac{UPK}{UAV} \leq 12...15 \text{ dB} \right)$	–
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	–
^a Measurement procedure not recommended – not allowed for compliance measurements.				
NOTE 1 X is the error depending on the pulse character of the ambient emission.				
NOTE 2 PK is the peak value; QP is the quasi-peak value; AV is the average value.				
NOTE 3 Bands B, C, D are defined as in CISPR 16-1-1				

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 must 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 or the fastest scan rate 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 must 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 must 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 must 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. $a = 20 \log(B_{res}/B_{video})$. 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 $a = 20 \log(T_{\text{av}} B_{\text{res}})$, 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 2nd-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 maximum scan rates

	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
Maximum scan rate	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).

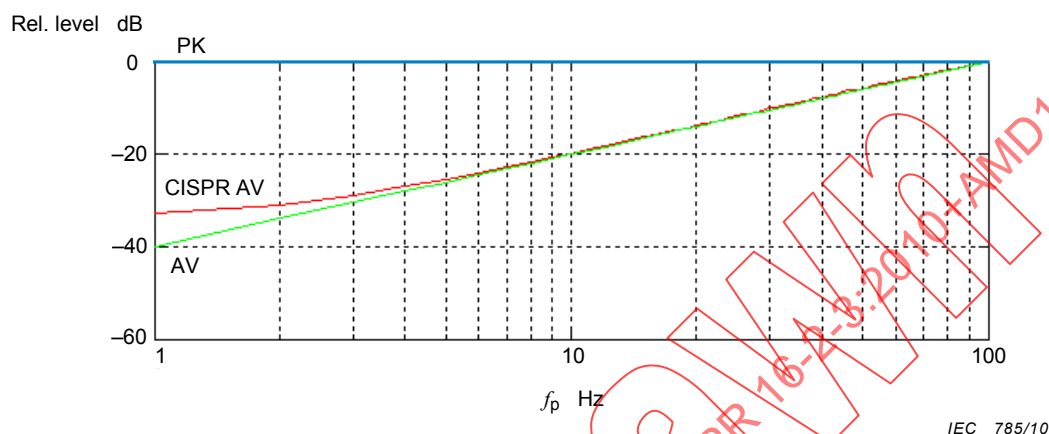


Figure C.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 160 ms

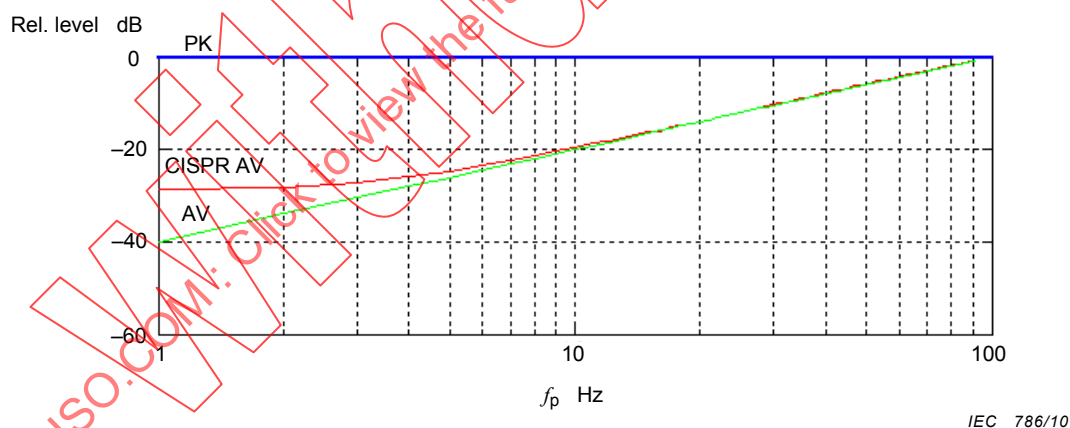


Figure C.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (PK) and average detections with (CISPR AV) and without (AV) peak reading: meter time constant 100 ms

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.

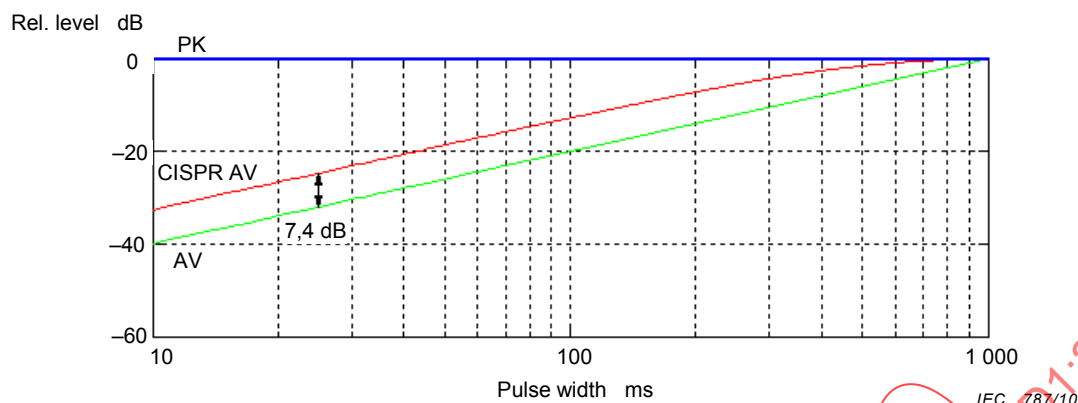


Figure C.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 160 ms

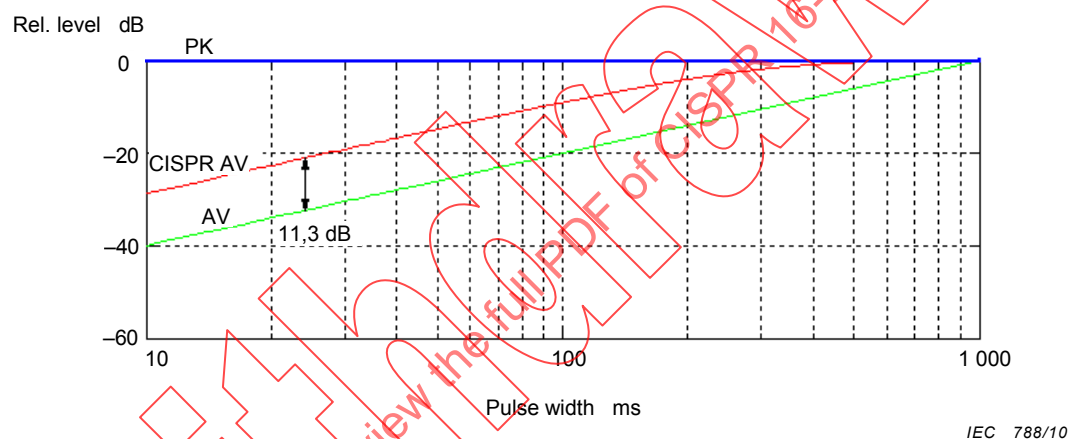


Figure C.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (PK) and average detections as a function of pulse width: meter time constant 100 ms

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 of this standard).

For slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred method.

Annex D (informative)

Explanation of 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.

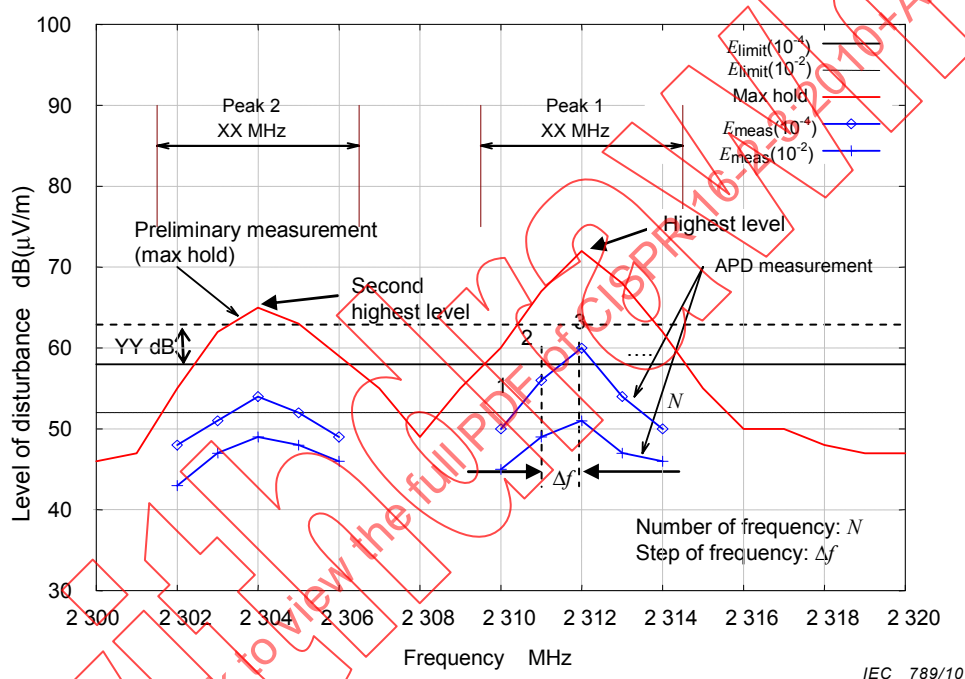


Figure D.1 – Example of APD measurement Method 1 for fluctuating disturbances

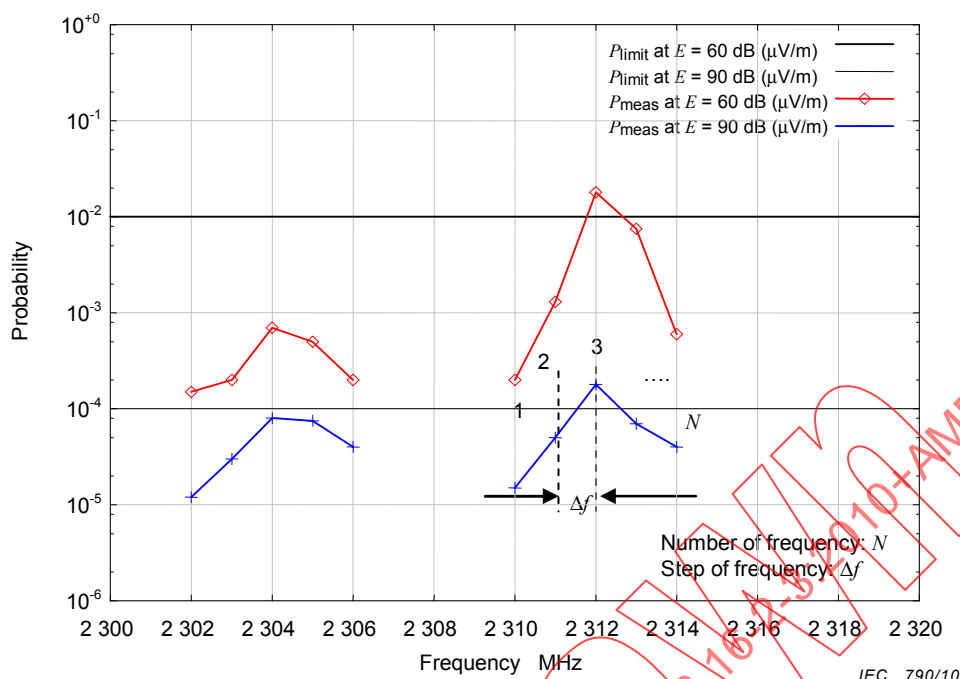


Figure D.2 – Example of APD measurement Method 2 for fluctuating disturbances

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 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 amplitudes 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.

Bibliography

- [1] CISPR 11:2009, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [2] CISPR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
- [3] CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [4] IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
- [5] ISO/IEC Guide 2:2004, *Standardization and related activities – General vocabulary*
- [6] ISO/IEC 17000:2004, *Conformity assessment – Vocabulary and general principles*
- [7] IEC 61000-4-21, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*
- [8] ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
- [9] IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

STANDARDSISO.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2010+AMD1:2010 CSV

STANDARDSISO.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2010+AMD1:2010 CSV

Withdwn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	103
INTRODUCTION.....	105
1 Domaine d'application	106
2 Références normatives.....	106
3 Termes et définitions	107
4 Types de perturbation à mesurer	112
4.1 Généralités.....	112
4.2 Types de perturbations.....	112
4.3 Fonctions de détection	113
5 Connexion du matériel de mesure	113
6 Exigences et conditions générales de mesure	113
6.1 Généralités.....	113
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai.....	114
6.2.1 Généralités.....	114
6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité	114
6.3 Mesure d'une perturbation continue.....	114
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	114
6.3.2 Perturbation continue à large bande	114
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation	114
6.4 Conditions de fonctionnement du matériel en essai	115
6.4.1 Conditions de charge normales	115
6.4.2 Durée de fonctionnement.....	115
6.4.3 Durée de fonctionnement préalable	115
6.4.4 Alimentation	115
6.4.5 Mode de fonctionnement	115
6.5 Interprétation des résultats de mesure	115
6.5.1 Perturbations continues.....	115
6.5.2 Perturbations discontinues	116
6.5.3 Mesure de la durée d'une perturbation.....	116
6.6 Temps de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues	116
6.6.1 Généralités.....	116
6.6.2 Durées minimales de mesure.....	116
6.6.3 Vitesses de scrutation des récepteurs à scrutation et des analyseurs de spectre	117
6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier.....	118
6.6.5 Stratégies pour l'obtention d'une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête.....	119
6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	123
7 Mesure des perturbations rayonnées	126
7.1 Remarques introductives	126
7.2 Mesures du système à antennes cadre (9 kHz à 30 MHz).....	127
7.2.1 Généralités.....	127
7.2.2 Méthode générale de mesure	128
7.2.3 Environnement d'essai	129
7.2.4 Configuration du matériel en essai.....	129
7.2.5 Incertitude de mesure du système à antennes cadre	129

7.3	Mesures sur site d'essai en espace libre (OATS) ou en chambre semi-anéchoïque (SAC) (30 MHz à 1 GHz)	129
7.3.1	Mesurande	129
7.3.2	Exigences relatives au site d'essai	130
7.3.3	Méthode générale de mesure	130
7.3.4	Distance de mesure	131
7.3.5	Variation de la hauteur d'antenne	131
7.3.6	Détails à fournir dans la spécification de produits	132
7.3.7	Instrumentation de mesure	134
7.3.8	Mesures de l'amplitude du champ électromagnétique sur d'autres sites en extérieur	134
7.3.9	Incertitude de mesure pour les OATS et les SAC	134
7.4	Mesures en chambre entièrement anéchoïque (30 MHz à 1 GHz)	134
7.4.1	Installation d'essai et géométrie du site	134
7.4.2	Position du matériel en essai	138
7.4.3	Disposition et terminaison des câbles	138
7.4.4	Incertitude de mesure de la chambre entièrement anéchoïque	139
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	139
7.5.1	Applicabilité	139
7.5.2	Définition du périmètre du matériel en essai et distance de séparation antenne-matériel en essai	140
7.5.3	Volume d'essai uniforme	140
7.5.4	Spécifications pour les installations d'essai communes pour les essais d'émissions/immunité	142
7.5.5	Incertitude de mesure pour une installation et une méthode d'émission/immunité communes	147
7.6	Mesures en chambre entièrement anéchoïque et mesures en OATS/SAC à revêtement absorbant (1 GHz à 18 GHz)	147
7.6.1	Grandeur à mesurer	147
7.6.2	Distance de mesure	147
7.6.3	Installation et conditions de fonctionnement du matériel en essai (EUT)	148
7.6.4	Site de mesure	148
7.6.5	Instrumentation de mesure	149
7.6.6	Mode opératoire de mesure	149
7.6.7	Incertitude de mesure de la chambre entièrement anéchoïque	156
7.7	Mesures <i>in situ</i> (9 kHz à 18 GHz)	156
7.7.1	Applicabilité et préparation à des mesures <i>in situ</i>	156
7.7.2	Mesures du champ électromagnétique <i>in situ</i> dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	157
7.7.3	Mesures d'amplitude du champ <i>in situ</i> dans la gamme de fréquences supérieures à 30 MHz	158
7.7.4	Mesure <i>in situ</i> de la puissance perturbatrice efficace rayonnée avec la méthode de substitution	159
7.7.5	Documentation des résultats de mesure	163
7.7.6	Incertitude de mesure pour la méthode <i>in situ</i>	163
7.8	Mesures de substitution (30 MHz à 18 GHz)	164
7.8.1	Généralités	164
7.8.2	Site d'essai	164

7.8.3	Antennes d'essai	164
7.8.4	Configuration du matériel en essai.....	165
7.8.5	Procédure d'essai	165
7.8.6	Incertitude de mesure pour la méthode de substitution	166
7.9	Mesures en chambre réverbérante (80 MHz à 18 GHz)	166
7.10	Mesures avec des guides d'ondes TEM (30 MHz à 18 GHz).....	166
8	Mesure automatisée des émissions	166
8.1	Introduction – précautions à prendre pour les mesures automatisées	166
8.2	Procédure générale de mesure.....	167
8.3	Mesures par pré-scrutation.....	167
8.3.1	Généralités.....	167
8.3.2	Détermination du temps de mesure nécessaire.....	167
8.3.3	Exigences relatives à la pré-scrutation pour différents types de mesures	168
8.4	Réduction des données	169
8.5	Maximisation des émissions et mesures finales.....	170
8.6	Post-traitement et rapport d'essai.....	171
8.7	Stratégies de la mesure d'émissions avec des appareils de mesure à FFT	171
Annexe A (informative)	Mesure des perturbations en présence d'émissions ambiantes.....	172
Annexe B (informative)	Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à scrutation.....	188
Annexe C (informative)	Vitesses de scrutation et durées de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne.....	191
Annexe D (informative)	Explication de la méthode de mesure de distribution de probabilité d'amplitude (DPA) appliquée à l'essai de conformité.....	195
Annexe E (normative)	Détermination de la pertinence des analyseurs de spectre pour les essais de conformité.....	197
Bibliographie.....		198
Figure 1 –	Mesure d'une combinaison d'un signal en onde entretenue à bande étroite et d'un signal en impulsion en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum	120
Figure 2 –	Exemple d'analyse temporelle.....	121
Figure 3 –	Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier	122
Figure 4 –	Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts et rapides répétitifs avec la fonction « maintien du maximum » pour obtenir une vue d'ensemble du spectre d'émission.....	123
Figure 5 –	Principe des mesures des courants induits par un champ magnétique avec le système à antennes cadre	128
Figure 6 –	Concept des mesures de l'amplitude de champ électrique effectuées sur un site d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) illustrant les rayons incidents et réfléchis par le sol arrivant sur l'antenne de réception.....	130
Figure 7 –	Géométrie type d'une chambre entièrement anéchoïque, où a , b , c , e dépendent des performances de la chambre.....	135
Figure 8 –	Installation type d'essai pour un appareil sur table dans le volume d'essai d'une chambre entièrement anéchoïque.....	136
Figure 9 –	Installation type d'essai pour un appareil reposant sur le sol dans le volume d'essai d'une chambre entièrement anéchoïque.....	137
Figure 10 –	Positions des plans de référence pour l'étalonnage du champ uniforme (vue de dessus)	140

Figure 11 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table	145
Figure 12 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table – Vue de dessus	145
Figure 13 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol	146
Figure 14 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol, vue de dessus	147
Figure 15 – Méthode de mesure au-dessus de 1 GHz, antenne de réception en polarisation verticale	149
Figure 16 – Illustration des exigences relatives à la scrutation en hauteur pour deux catégories différentes de matériels en essai	152
Figure 17 – Détermination de la distance de transition	162
Figure 18 – Géométries d'installation d'essai dans le cas de la méthode de substitution pour: a) mesure, b) étalonnage	165
Figure 19 – Processus de réduction de la durée de mesure	167
Figure 20 – Balayage de FFT en segments	125
Figure 21 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT	126
Figure A.1 – Organigramme de sélection des largeurs de bandes et des détecteurs, et estimation des erreurs de mesure qui en résultent	175
Figure A.2 – Différence relative des amplitudes des émissions adjacentes lors des essais préliminaires	177
Figure A.3 – Perturbation par un signal non modulé (ligne en pointillés)	178
Figure A.4 – Perturbation par un signal modulé en amplitude (ligne en pointillés)	178
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	179
Figure A.6 – Indication d'un signal modulé en impulsions (largeur d'impulsion 50 μ s) en fonction de la fréquence de répétition des impulsions avec des détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne	180
Figure A.7 – Perturbation par un signal à large bande (ligne en pointillés)	180
Figure A.8 – Perturbation du matériel en essai non modulée (ligne en pointillés)	181
Figure A.9 – Perturbation modulée en amplitude du matériel en essai (ligne en pointillés)	182
Figure A.10 – Augmentation de la valeur de crête avec la superposition de deux signaux non modulés	183
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)]	185
Figure A.12 – Augmentation de l'indication moyenne mesurée avec un récepteur réel et calculée d'après l'Équation (A.8)	186
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	193
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	193
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	194
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	194

Figure D.1 – Exemple de mesure de DPA par la Méthode 1 pour des perturbations fluctuantes	195
---	-----

Figure D.2 – Exemple de mesure de DPA par la Méthode 2 pour des perturbations fluctuantes	196
---	-----

Tableau 1 – Durées minimales de scrutation pour les trois bandes CISPR avec détecteurs de crête et de quasi-crête	117
---	-----

Tableau 2 – Gammes de fréquences applicables et références de documents pour les sites et les méthodes d'essai d'émissions rayonnées CISPR	127
--	-----

Tableau 3 – Dimension minimale de w ($w_{\min}$)	151
--	-----

Tableau 4 – Exemples de valeurs de w pour trois types d'antenne	151
---	-----

Tableau 5 – Facteurs de correction de la polarisation horizontale en fonction de la fréquence	162
---	-----

Tableau 6 – Hauteurs d'antenne recommandées pour garantir l'interception du signal (pour le pré-balayage) dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	169
---	-----

Tableau 7 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes du CISPR	117
---	------------

Tableau A.1 – Combinaisons des perturbations du matériel en essai et des émissions ambiantes	173
--	-----

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	187
---	-----

Tableau C.1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de scrutation pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz	192
---	-----

Tableau C.2 – Constantes de temps de l'indicateur et largeurs de bandes vidéo et vitesses de balayages maximales correspondantes	193
--	-----

Tableau E.1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux de crête et de quasi-crête détectés	197
---	-----

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 –
Mesures des perturbations rayonnées**

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la CISPR 16-2-3 comprend la troisième édition (2010) [documents CISPR/A/886/FDIS et CISPR/A/892/RVD] et son amendement 1 (2010) [documents CISPR/A/878/CDV et CISPR/A/894/RVC]. Elle porte le numéro d'édition 3.1.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

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 édition contient les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente: ajout du mesurande pour les mesures des émissions rayonnées dans un OATS (Site d'essai en espace libre) et une SAC (Chambre semi-anéchoïque) dans la gamme de 30 MHz à 1 000 MHz et ajout d'une nouvelle annexe normative concernant la détermination de la pertinence des analyseurs de spectre pour les essais de conformité. Un grand nombre de points relatifs à la maintenance sont également traités afin d'adapter la norme aux autres parties de la série CISPR 16.

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

INTRODUCTION (à l'amendement 1)

L'ajout récent d'instruments de mesure basé sur la FFT dans la CISPR 16-1-1 nécessite des ajouts dans les spécifications des méthodes d'essai couvertes par la CISPR 16-2-3. Ces nouvelles exigences sont présentées dans le présent amendement.

STANDARDSISO.COM: Click to view the full PDF of CISPR 16-2-3:2010+AMD1:2010 CSV

Withdrawn

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

Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les méthodes de mesure du champ perturbateur rayonné, dans la gamme 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 la CEI, la CISPR 16-2-3 est une publication fondamentale en CEM destinée à l'usage des comités de produits de la CEI. Comme mentionné dans le Guide 107, les comités de produit 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 à l'évaluation de la valeur des essais CEM particuliers pour des produits spécifiques.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CISPR 14-1:2005, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

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 16-1-2:2003, *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 – Matériels auxiliaires – Perturbations conduites*
Amendement 1 (2004)
Amendement 2 (2006)

CISPR 16-1-4:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées*

CISPR 16-2-1:2008, *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 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, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

CISPR 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)

CEI 60050-161:1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*
Amendement 1 (1997)
Amendement 2 (1998)

CEI 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*
Amendement 1 (2007)

CEI 61000-4-20, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-161, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

OATS/SAC à revêtement absorbant

site d'essai en espace libre (OATS) ou chambre semi-anéchoïque (SAC) dont le plan de sol est partiellement recouvert d'un matériau absorbant de l'énergie aux fréquences radioélectriques

3.2

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 d'un signal perturbateur, entre un matériel en essai et l'appareillage de mesure ou d'essai

3.3

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 le matériel en essai

3.4

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. Il peut être exprimé pour le plan *H* ou pour le plan *E* de l'antenne

NOTE La largeur de faisceau de l'antenne est exprimée en degrés.

3.5

matériel associé

AE¹

appareil ne faisant pas partie du système en essai mais nécessaire au bon fonctionnement du matériel en essai

3.6

matériel auxiliaire

AuxEq²

périphérique faisant partie du système en essai

3.7

norme de base

norme de portée générale ou qui comporte des dispositions d'ensemble pour un domaine particulier

NOTE Une norme de base peut être utilisée comme une norme d'application directe ou servir de base à d'autres normes.

[ISO/CEI Guide 2, définition 5.1]

3.8

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 tolérable spécifiée

3.9

dispositif d'absorption de mode commun

CMAD³

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

[CISPR 16-1-4, 3.1.4]

3.10

évaluation de la conformité

démonstration de la satisfaction des exigences spécifiées relatives à un produit, un processus, un système, une personne ou un organisme

NOTE Le champ d'application de l'évaluation de la conformité inclut les activités définies dans un autre article/paragraphe de l'ISO/CEI 17000:2004, tels que les essais, l'inspection et la certification, ainsi que l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité.

[ISO/CEI 17000:2004, 2.1, modifiée]

3.11

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

[CEI 60050-161:1990, 161-02-11, modifiée]

¹ AE = *associated equipment*.

² AuxEq = *auxiliary equipment*.

³ CMAD = *common-mode absorption device*.

3.12**émission (électromagnétique)**

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[CEI 60050-161:1990, 161-01-08]

3.13**limite d'émission** (d'une source perturbatrice)

valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[CEI 60050-161:1990, 161-03-12]

3.14**matériel en essai****EUT⁴**

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission et évaluation de la conformité)

3.15**chambre entièrement anéchoïque****FAR⁵**

enceinte protégée dont les surfaces intérieures sont garnies d'un matériau absorbant l'énergie aux fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui absorbe l'énergie électromagnétique dans la gamme de fréquences concernée

3.16**système d'antenne cadre****LAS⁶**

système d'antenne consistant en trois antennes cadre à orientation orthogonale utilisées pour mesurer les trois moments dipolaires magnétiques orthogonaux d'un matériel en essai situé au centre des trois antennes cadre

3.17**durées de mesure, de scrutation et de balayage****3.17.1****durée de mesure**

T_m

durée effective et cohérente pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique (dans certains domaines, elle est également appelée durée de palier)

- 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

3.17.2**scrutation**

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

⁴ EUT = *equipment-under-test*.

⁵ FAR = *fully-anechoic room*.

⁶ LAS = *loop-antenna system*.

3.17.3

intervalle

Δf

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage ou d'une scrutation

3.17.4

balayage

variation continue de la fréquence dans un intervalle de fréquence donné

3.17.5

vitesse de balayage ou de scrutation

intervalle de fréquence divisé par la durée de balayage ou de scrutation

3.17.6

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

3.17.7

durée d'observation

T_o

somme des durées de mesure T_m à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples; si n est le nombre de balayages ou de scrutations, alors $T_o = n \times T_m$

3.17.8

durée totale d'observation

T_{tot}

durée effective pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples); si c est le nombre de canaux dans un balayage, alors $T_{tot} = c \times n \times T_m$

3.18

récepteur de mesure

~~instrument tel qu'un voltmètre sélectif, un récepteur pour CEM, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT (Transformée de Fourier rapide), avec ou sans présélection, conforme aux parties respectives de la CISPR 16-1-1~~

appareil de mesure tel qu'un voltmètre sélectif, un récepteur de mesure de perturbations électromagnétiques, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT, avec ou sans présélection, qui est conforme à la CISPR 16-1-1

3.19

nombre de balayages par unité de temps (par exemple, par seconde)

n_s

inverse de la somme de la durée de balayage et de la durée du retour, c'est-à-dire $1/(\text{durée de balayage} + \text{durée du retour})$

3.20

site d'essai en espace libre

OATS⁷

installation utilisée pour les mesures des champs électromagnétiques, dont l'intention est de simuler un environnement semi-libre sur une gamme de fréquences spécifiée utilisée pour les essais d'émissions rayonnées des produits. Un site OATS type se situe à l'extérieur dans un espace libre, son plan de sol étant conducteur

⁷ OATS = open-area test site.

3.21

norme de produits

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 Une norme de produits peut inclure, outre les exigences relatives à l'aptitude à l'emploi, de manière directe ou par référence, les aspects tels que la terminologie, l'échantillonnage, les essais, le conditionnement et l'étiquetage et, parfois, les exigences de traitement.

NOTE 2 Une norme de produits peut être complète ou non, selon qu'elle spécifie tout ou partie des exigences nécessaires. A cet égard, on peut différencier les normes selon leur catégorie, telles que les normes dimensionnelles, les normes de matériaux et les normes de livraison technique.

[ISO/CEI Guide 2, définition 5.4]

3.22

chambre semi-anéchoïque

SAC⁸

enceinte protégée dans laquelle cinq des six surfaces intérieures sont garnies d'un matériau absorbant l'énergie aux fréquences radioélectriques (c'est-à-dire un absorbeur RF) qui absorbe l'énergie électromagnétique dans la gamme de fréquences concernée et dont la surface horizontale inférieure est un plan de sol conducteur destiné à être utilisé avec un équipement d'essai OATS

3.23

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

3.24

pondération (par exemple de perturbations impulsives)

conversion (principalement réduction) dépendant de la fréquence de répétition des impulsions (PRF) d'un niveau de tension impulsionnelle détecté de crête en une indication correspondant à l'effet des perturbations sur la réception radio

NOTE 1 Pour le récepteur analogique, la gêne psychophysique des perturbations est une quantité subjective (acoustique ou visuelle) et non un certain nombre d'interprétations erronées d'un texte parlé

NOTE 2 Pour le récepteur numérique, l'effet des perturbations est une quantité objective pouvant être définie par le taux d'erreur sur les bits (BER) critique ou la probabilité d'erreur sur les bits (BEP) pour qu'une correction parfaite des erreurs puisse toujours s'effectuer par un autre paramètre objectif et reproductible

3.24.1

mesure pondérée des perturbations

mesure des perturbations en utilisant un détecteur à pondération

3.24.2

caractéristique de pondération

niveau de tension crête en fonction de la PRF ayant un effet constant sur un système de radiocommunication spécifique, c'est-à-dire que les perturbations sont pondérées par le système de radiocommunication lui-même

3.24.3

détecteur à pondération

détecteur procurant une fonction de pondération approuvée

⁸ SAC = *semi-anechoic room*.

3.24.4

facteur de pondération

valeur de la fonction de pondération par rapport à une PRF de référence ou par rapport à la valeur crête

NOTE Le facteur de pondération est exprimé en dB.

3.24.5

fonction de pondération ou courbe de pondération

relation entre le niveau de la tension crête d'entrée et la PRF donnant une indication de niveau constante sur un récepteur de mesure avec un facteur de pondération, c'est-à-dire, courbe de réponse d'un récepteur de mesure par rapport à des impulsions répétées

3.25

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs de quantité que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[2.1 de ISO/IEC Guide 99:2007][8]⁹

3.26

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifique

NOTE 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.

[IEC 60050-151:2001, 151-16-13] [9]

4 Types de perturbation à mesurer

4.1 Généralités

Le présent article décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesure.

4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques¹⁰ dépendant de la distribution 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'estimation et de la mesure des perturbations radioélectriques, on effectue une distinction entre les types de perturbations suivants:

- a) *perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, comme par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produites 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 de la mesure, par opposition à b);

⁹ Les chiffres entre crochets réfèrent à la Bibliographie.

¹⁰ Psychophysique signifie relation psychologique entre un stimulus physique et une réponse sensorielle.

- 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 de la mesure; et
- c) *perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, comme par exemple les thermostats ou programmeurs avec un taux de répétition inférieur à 1 Hz (taux de claquement inférieur à 30/min).

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 gamme de fréquences plus large que celle du récepteur de mesure spécifiée dans la CISPR 16-1-1.

4.3 Fonctions de détection

En fonction des types de perturbation, on peut effectuer les mesures au moyen d'un récepteur de mesure équipé:

- a) d'un détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour la mesure 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 la mesure pondérée 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 la mesure pondérée 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 susceptible d'être utilisé pour la mesure 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 d'un appareil de mesure, de récepteurs de mesure et d'un appareil auxiliaire, par exemple des antennes, le câble de connexion entre le récepteur de mesure et l'appareil auxiliaire 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 prescrite.

6 Exigences et conditions générales de mesure

6.1 Généralités

Les mesures des perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendantes du site de mesure et de l'environnement, plus particulièrement du bruit ambiant; et
- dénuées d'interactions, c'est-à-dire que la connexion du matériel en essai au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement du matériel en essai ni la précision du matériel de mesure.

Ces exigences sont susceptibles d'être satisfaites si l'on observe 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 du matériel en essai définies;
- ~~c) dans le cas de l'utilisation d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à balayage, ses exigences spécifiques de fonctionnement et d'étalonnage doivent faire l'objet d'une attention toute particulière.~~

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 niveau de bruit parasite dépasse le niveau requis, il doit être enregistré dans le rapport d'essai. Si le bruit ambiant dépasse le niveau requis, cela doit être consigné dans le rapport d'essai.~~

6.2.2 Essais (d'évaluation) de conformité

Un site d'essai doit permettre de distinguer les émissions du matériel en essai 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 du matériel en essai est augmenté d'une valeur pouvant atteindre 3,5 dB. L'aptitude du site pour le niveau ambiant requis peut être déterminée en effectuant une mesure du niveau de bruit ambiant avec le matériel d'essai en place mais hors fonctionnement.

Dans le cas d'une mesure de conformité par rapport à une limite, le niveau de bruit ambiant est autorisé à dépasser le niveau de 6 dB recommandé, à condition que les niveaux combinés de bruit ambiant et d'émission de la source ne dépassent pas la limite spécifiée. On considère alors que le matériel en essai satisfait à la limite. D'autres opérations peuvent également être effectuées; par exemple diminuer la largeur de bande pour les signaux à bande étroite et/ou rapprocher l'antenne du matériel en essai.

NOTE Si l'amplitude de champ ambiant et l'amplitude du bruit ambiant et du matériel en essai sont mesurées séparément, on peut fournir une estimation de l'amplitude du champ du matériel en essai avec un niveau d'incertitude quantifiable. L'Annexe C de la CISPR 11 fait référence à ce point.

6.3 Mesure 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 estimer une perturbation continue à large bande dont le niveau n'est pas stable, la valeur maximale reproductible de la mesure doit être déterminée. Voir 6.5.1 pour plus de détails.

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. Il faut cependant accorder une attention toute particulière 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, la précision en amplitude et la

détection de crête, de valeur moyenne et de quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

6.4 Conditions de fonctionnement du matériel en essai

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions suivantes:

6.4.1 Conditions de charge normales

Les conditions de charge normales doivent être celles définies dans la spécification de produit du fabricant correspondant au matériel en essai; pour les matériels en essai qui ne sont pas couverts, elles doivent correspondre aux instructions du fabricant.

6.4.2 Durée de fonctionnement

La durée de fonctionnement, dans le cas des matériels en essai avec une durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage; dans tous les autres cas, la durée n'est pas limitée.

6.4.3 Durée de fonctionnement préalable

Aucune durée de fonctionnement préalable particulière n'est spécifiée mais, avant d'effectuer les mesures, le matériel en essai 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 matériels, certaines conditions d'essai spéciales peuvent être prescrites dans les publications applicables.

6.4.4 Alimentation

Le matériel en essai 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 matériels en essai prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale.

6.4.5 Mode de fonctionnement

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions pratiques qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

6.5 Interprétation des résultats de mesure

6.5.1 Perturbations continues

- a) Si le niveau de perturbations n'est pas stable, la lecture sur le récepteur de mesure est observée pendant au moins 15 s pour chaque mesure; les indications les plus élevées doivent être enregistrées, à l'exception de tout claquement isolé qui doit être ignoré (voir 4.2 de la CISPR 14-1).
- b) Si le niveau général de perturbations 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 du matériel en essai, comme suit:
 - 1) si le matériel en essai est susceptible d'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 mesure, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximum obtenu durant la première minute, pour chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;

- 2) si le matériel en essai est habituellement utilisé pendant de plus longues durées, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai. Le niveau de perturbations 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 du matériel en essai passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, le matériel en essai doit alors être soumis à l'essai conformément au point b).
- d) Les mesures sont effectuées sur le spectre complet et enregistrées au moins à la fréquence qui offre l'indication la plus grande, comme requis dans la publication CISPR applicable.

6.5.2 Perturbations discontinues

Il n'existe actuellement aucune exigence pour la mesure des perturbations discontinues rayonnées.

6.5.3 Mesure 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 IF (fréquence intermédiaire) d'un récepteur de mesure pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel;
- en syntonisant un récepteur de perturbations électromagnétiques ou un analyseur de spectre sur la fréquence de la perturbation sans balayage en fréquence (c'est-à-dire, en mode «intervalle nul») pour pouvoir suivre la perturbation dans le domaine temporel; ou
- en utilisant la sortie du domaine temporel d'un récepteur de mesure à FFT.

On peut trouver en 8.3 des indications sur la détermination de la durée de mesure appropriée.

6.6 Temps de mesure et vitesses de scrutation pour les perturbations continues

6.6.1 Généralités

Pour les mesures manuelles et pour les mesures 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 pré-scrutation, les durées de mesure et les vitesses de scrutation doivent prendre en compte le rythme de l'émission à mesurer. L'Article 8 fournit des informations plus détaillées sur l'exécution des mesures automatiques.

6.6.2 Durées minimales de mesure

~~L'Article B.7 donne un tableau des durées de scrutation minimales ou des vitesses de balayage les plus élevées réalisables dans la pratique. Les durées minimales (de maintien) de mesure sont indiquées dans le Tableau 7. Les durées minimales (de maintien) de mesure du Tableau 1 pour les récepteurs à balayage et les instruments de mesure à FFT et les durées de balayage du Tableau 2 pour les analyseurs de spectre s'appliquent à des signaux en ondes entretenues (CW). Les durées de scrutation minimales pour chaque bande CISPR dans son intégralité ont été déduites à partir de ce tableau et elles figurent dans le Tableau 1 suivant.~~

Tableau 7 – Durées minimales de mesure pour les quatre bandes du 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 1 – 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

Les durées de scrutation du Tableau 1 s'appliquent pour la mesure des signaux en onde entretenue. En fonction du type de perturbation, on peut devoir augmenter la durée de scrutation, même pour des mesures 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 mesures 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 qu'une procédure de réduction de la durée de mesure ne soit appliquée, l'émission doit être détectée par une pré-scrutation. 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 qu'une des deux conditions suivantes soit remplie 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 seront 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 un temps d'observation suffisamment long à chaque fréquence, soit par des balayages multiples avec maintien du maximum. Généralement pour une vue d'ensemble d'émissions inconnues, la seconde solution sera 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 perturbateurs apparaissent. Dans certains cas, une modification de la vitesse de balayage peut s'avérer nécessaire pour éviter des effets de synchronisation.

Lorsque l'on détermine la durée de balayage minimale pour les mesures avec un analyseur de spectre ou un récepteur pour CEM 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 pour CEM 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 temps d'observation plus longs sont nécessaires, 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 la durée du retour (durée nécessaire pour faire revenir 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 pour CEM à accord par palier sont accordés successivement sur des fréquences ponctuelles en utilisant des largeurs de pas prédéfinies. Tout en couvrant la gamme de fréquences concernée par des pas de fréquence discrets, une durée minimale de maintien à chaque fréquence est nécessaire pour que l'instrument mesure de façon précise le signal d'entrée.

Pour la mesure réelle, il est nécessaire d'utiliser 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) 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 (de maintien) à chaque fréquence.

En plus de la durée de mesure, il faut prendre en compte le temps nécessaire au synthétiseur pour passer à la fréquence suivante et pour que le logiciel 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 crête ou quasi-crête, détermine également cette durée.

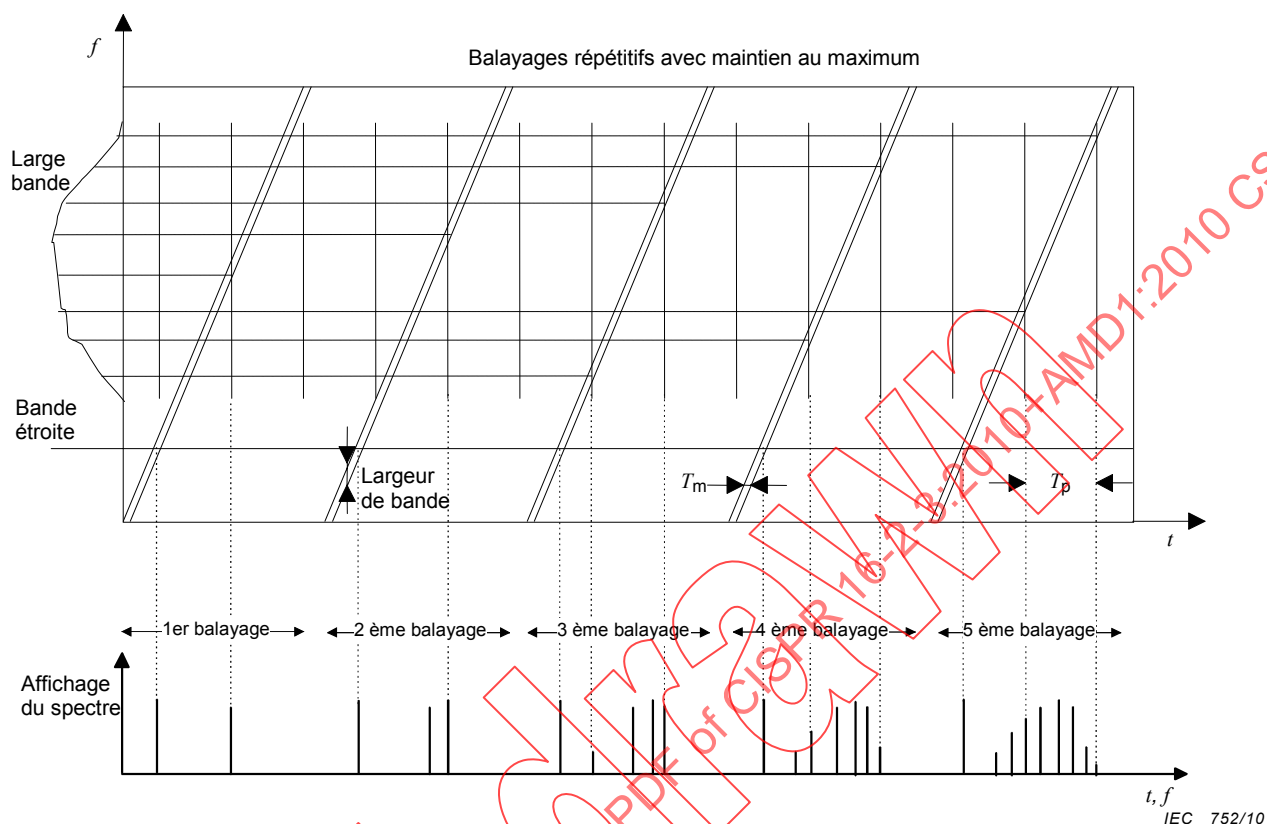
Pour des émissions purement à large bande, le pas de fréquence peut être augmenté. Dans ce cas, l'objectif consiste à déterminer uniquement les valeurs maximales du spectre d'émission.

6.6.5 Stratégies pour l'obtention d'une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête

Pour chaque mesure par pré-balayage, la probabilité d'intercepter toutes les composantes spectrales critiques du spectre du matériel en essai 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, qui peut contenir des éléments à bande étroite et à large bande, deux approches générales sont proposées:

- scrutation par pas: la durée de mesure (de maintien) 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 (de maintien) 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 porter au niveau maximum le nombre de scrutations en fréquence pendant la durée d'observation pour augmenter la probabilité d'interception du signal.

Les Figures 1, 2 et 3 montrent 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 montre la position de la largeur de bande du récepteur selon qu'il balaye le spectre en continu ou par pas.

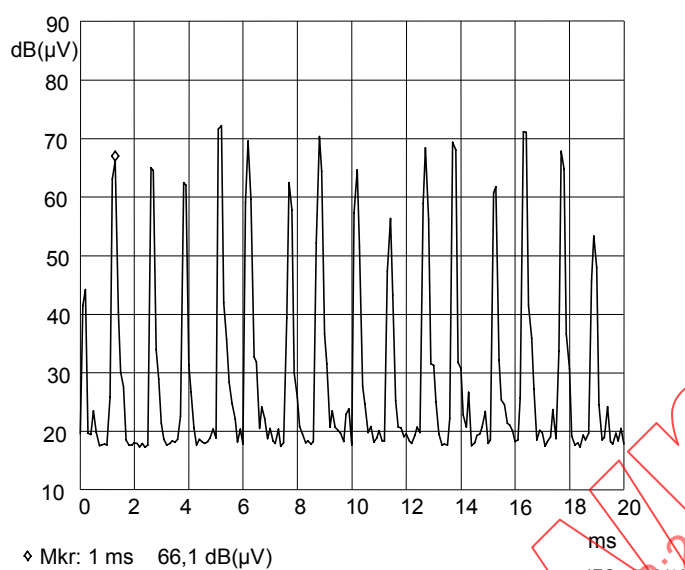


T_o est l'intervalle de répétition de l'impulsion d'un signal en impulsion. Une impulsion se produit à chaque ligne verticale en fonction de l'échelle de temps de l'affichage (partie supérieure de la figure).

Figure 1 – Mesure d'une combinaison d'un signal en onde entretenue à bande étroite et d'un signal en impulsion 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 à bande étroite permanent dans le spectre d'un matériel en essai. Pour les signaux permanents à large bande et les signaux intermittents à bande étroite, des balayages multiples à différentes vitesses de balayage en utilisant la fonction « maintien du maximum » peuvent être nécessaires pour déterminer l'enveloppe du spectre. Pour des signaux en impulsion 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 demande 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 branché à la sortie FI ou vidéo du récepteur comme le montre l'exemple à la Figure 2.

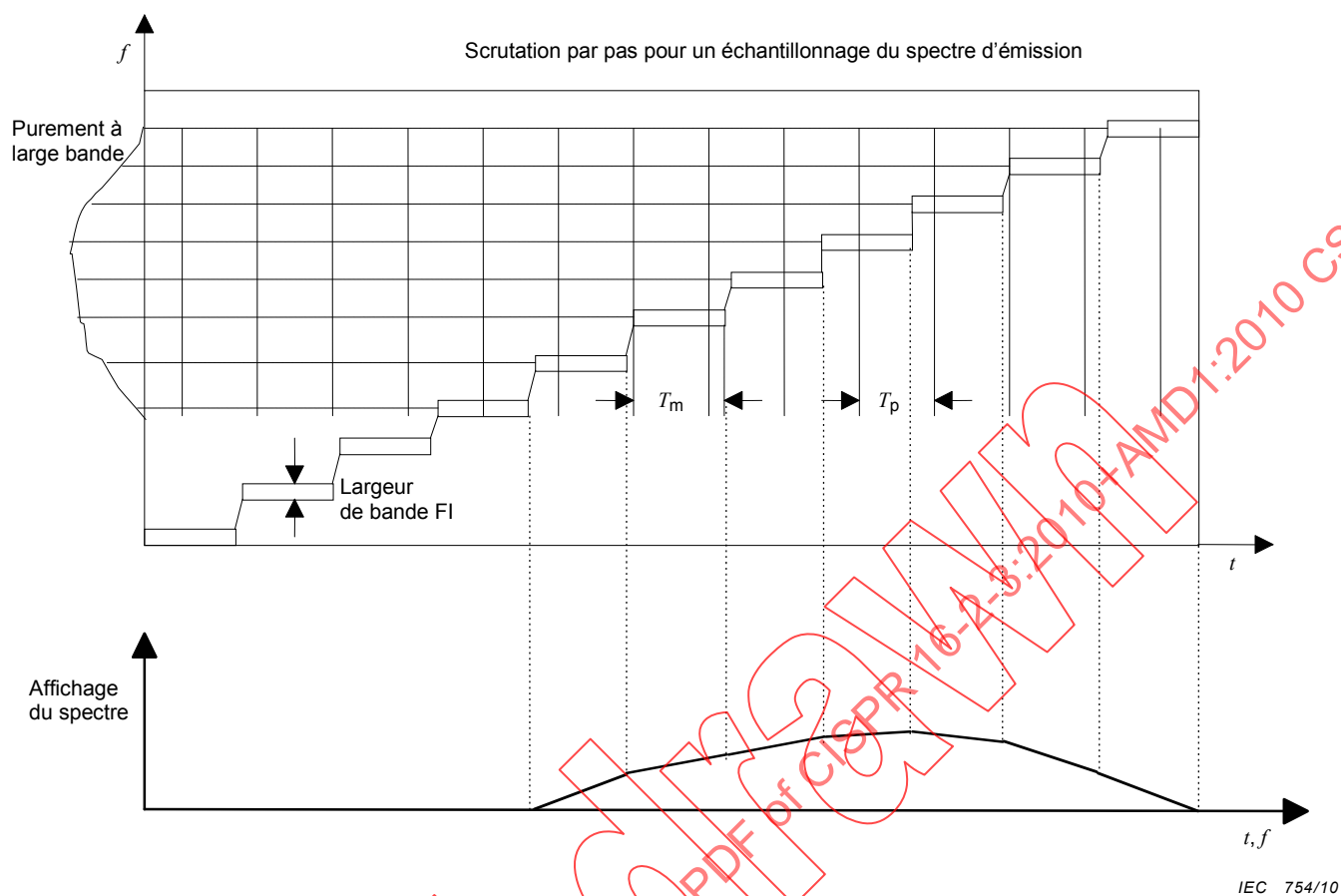


NOTE Perturbation d'un moteur à collecteur à courant continu; compte tenu du nombre de segments du collecteur, la fréquence de répétition des impulsions est élevée (environ 800 Hz) et l'amplitude des impulsions varie fortement. En conséquence, pour cet exemple, la durée de mesure (de maintien) recommandée avec un détecteur de crête est supérieure à 10 ms.

Figure 2 – Exemple d'analyse temporelle

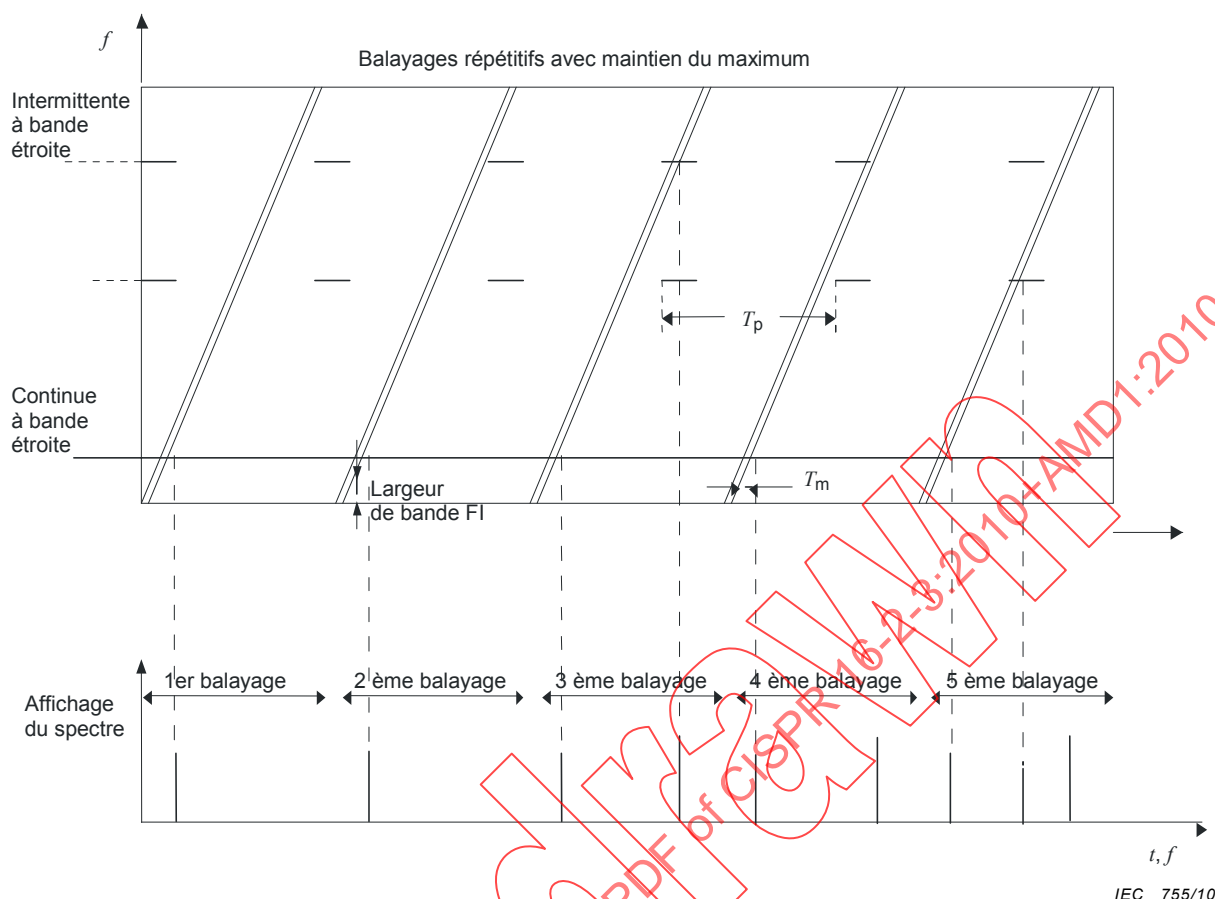
A partir d'une telle analyse temporelle, les durées des impulsions et leurs fréquences de répétition peuvent être déterminées, et les vitesses de balayage ou les durées de maintien peuvent être sélectionnées en conséquence, dans les conditions suivantes:

- 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. Une mesure par balayage unique, si elle est effectuée suffisamment lentement, génère également l'enveloppe du spectre;
- pour les perturbations **intermittentes à bande étroite** de fréquences inconnues, on peut utiliser soit des balayages courts et rapides avec la fonction « maintien du maximum » (voir Figure 4) soit un balayage lent. Une analyse temporelle peut être nécessaire avant la mesure réelle 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.



NOTE La durée de mesure (de maintien) T_m doit être supérieure à l'intervalle de répétition des impulsions T_p , qui est l'inverse de la fréquence de répétition des impulsions.

Figure 3 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier



NOTE 1 Il peut être nécessaire d'augmenter le nombre de balayages nécessaires ou la durée de balayage, en fonction de la durée des impulsions ou de leur intervalle de répétition.

NOTE 2 Dans cet exemple, cinq balayages sont nécessaires pour intercepter toutes les composantes spectrales.

Figure 4 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts et rapides 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 un balayage par pas. Dans ce but, la plage de fréquences concernée est subdivisée en un certain nombre de segments N_{seg} qui sont balayés en séquence. Le mode opératoire est représenté sur la Figure 20 pour trois segments. La durée totale de balayage pour la fréquence concernée T_{scan} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (18)$$

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. On obtient une résolution de fréquence accrue 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 données prend en compte les fréquences suivantes:

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

Le deuxième calcul sur la plage de fréquences données prend en compte les fréquences suivantes:

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

Ce mode opératoire, appliqué à un rapport de pas de 3, est illustré à la Figure 21.

La durée de balayage T_{balayage} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m \frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}} \quad (19)$$

où

$$\begin{aligned} T_m &\text{ est la durée de mesure, et} \\ \frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}} &\text{ est le rapport de pas.} \end{aligned}$$

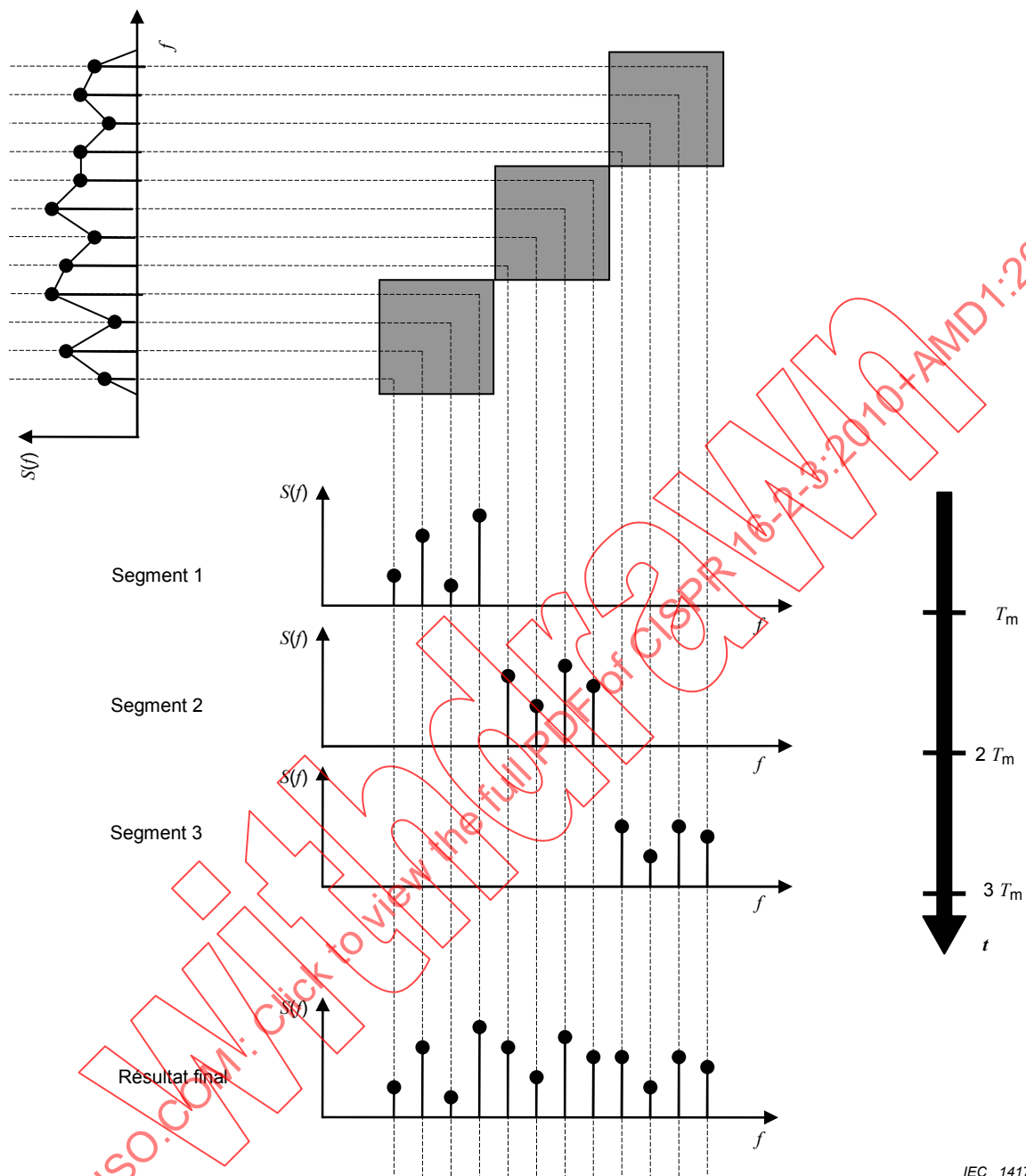
Pour un système associant les deux méthodes, la durée de balayage T_{scan} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{pas FFT}}}{f_{\text{pas final}}} \quad (20)$$

NOTE 1 Les appareils de mesure à FFT peuvent combiner les deux méthodes, le balayage par pas ainsi qu'une méthode d'amélioration de la résolution en fréquence.

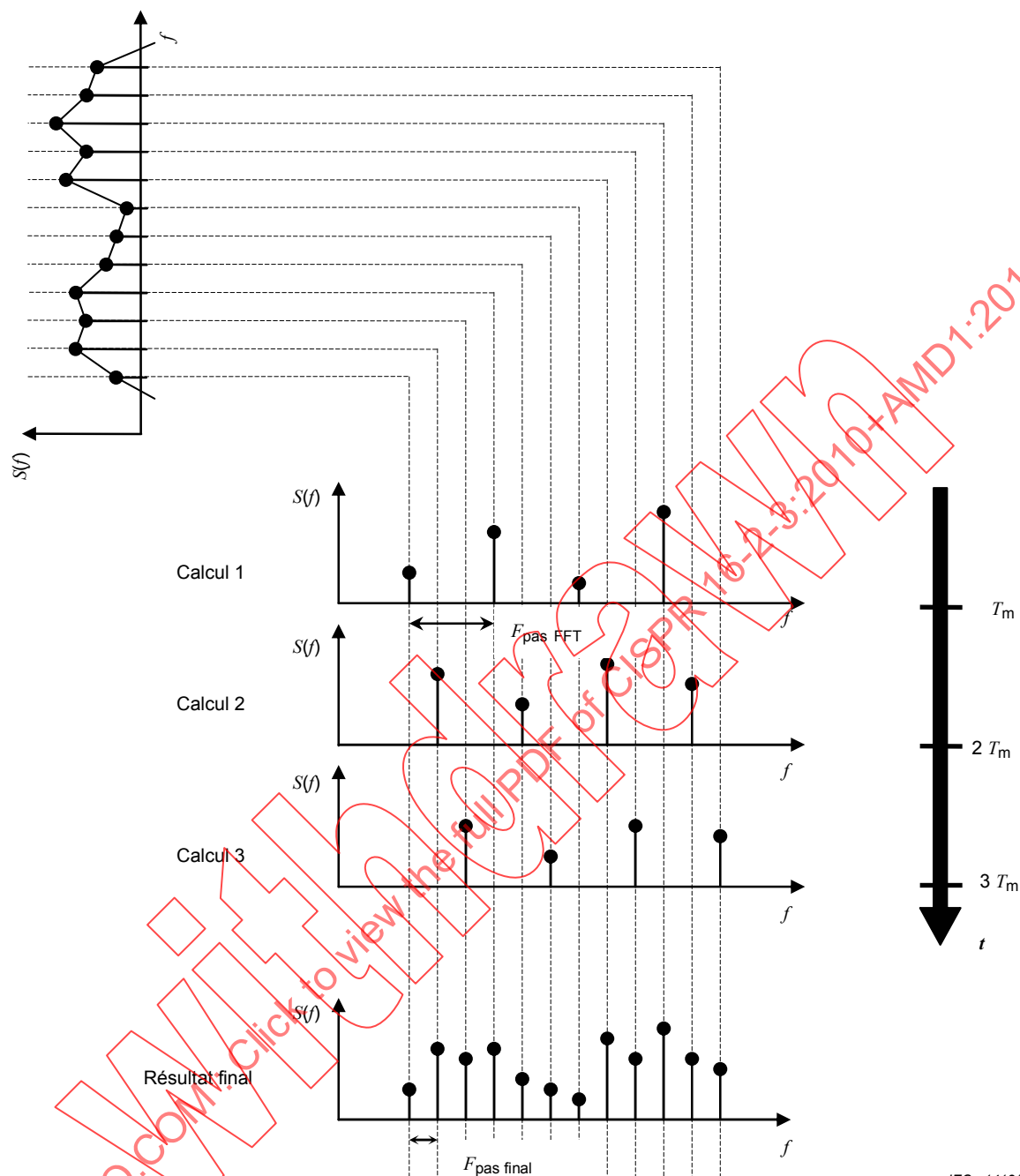
NOTE 2 Des informations de contexte supplémentaires sont actuellement en préparation pour la CISPR 16-3¹¹.

¹¹ Un CISPR/TR 16-3 est à publier pour remplacer le CISPR 16-3:2003 et ses amendements.



IEC 1417/10

Figure 20 – Balayage de FFT en segments



IEC 1418/10

Figure 21 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT

7 Mesure des perturbations rayonnées

7.1 Remarques introductives

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 mesure de perturbations rayonnées est moins étendue que celle relative aux mesures 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 au matériel en essai. Le Tableau 2 fournit une liste

récapitulative des sites 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, on peut exiger des mesures des composantes électriques, magnétiques, ou les deux, de la perturbation rayonnée. Parfois, il est plus approprié de mesurer une quantité 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 sol 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. Lorsqu'on mesure le champ magnétique, seule la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne de réception est mesurée lorsqu'on applique la procédure de l'antenne à distance. Si l'on utilise le système à antennes cadre (LAS), on mesure les trois moments dipolaires magnétiques orthogonaux du matériel en essai. (Noter que dans la méthode à antenne unique, la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne est déterminée par les moments dipolaires horizontaux et verticaux du matériel en essai, en raison du rôle joué par la réflexion).

Tableau 2 – Gammes de fréquences applicables et références de documents pour les sites et les méthodes d'essai d'émissions rayonnées CISPR

Site / méthode	9 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz	1 GHz à 18 GHz
Site 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
RE/RI commun	n/a	7.5 (RI démarrage 80 MHz)	n/a
OATS à revêtement absorbant	n/a	n/a	7.6
Sur site	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 80 MHz)	7.9
Guide d'onde TEM	IEC 61000-4-20	7.10	7.10

n/a = non applicable; tbd = à déterminer ou pris en considération

7.2 Mesures du système à antennes cadre (9 kHz à 30 MHz)

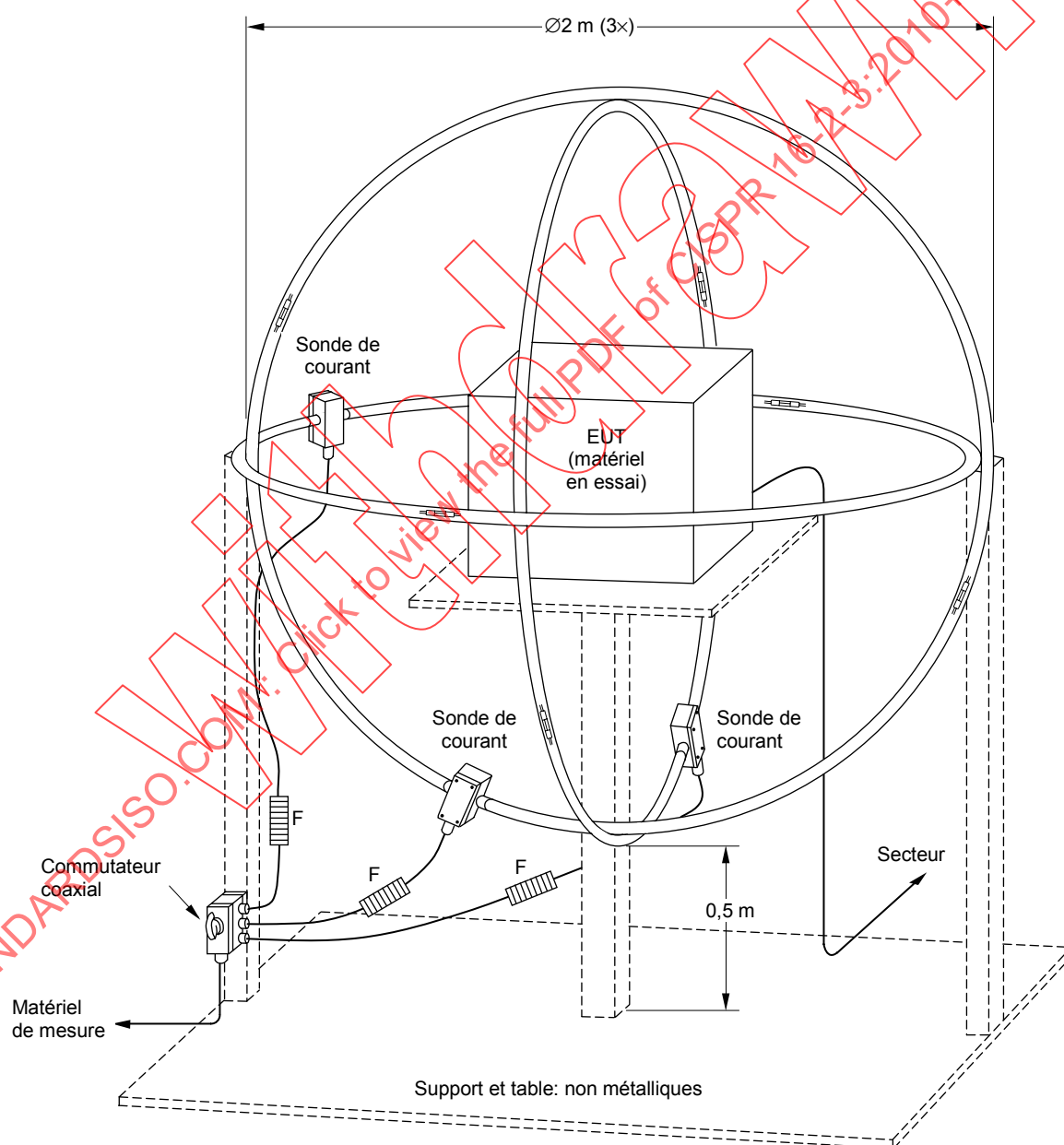
7.2.1 Généralités

Le système à antennes cadre (LAS) étudié dans le présent paragraphe est adapté à la mesure en chambre de l'amplitude du champ magnétique émis par un seul matériel en essai dans la gamme de fréquences comprises entre 9 kHz et 30 MHz. L'amplitude du champ magnétique se mesure en termes de courants induits dans le système à antennes cadre par le champ magnétique perturbateur du matériel en essai. Le système à antennes cadre 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 système à antennes cadre et une relation entre les résultats des mesures obtenus avec le LAS et ceux obtenus conformément à la description de ce paragraphe.

7.2.2 Méthode générale de mesure

La Figure 5 décrit le concept général sur lequel reposent les mesures réalisées avec le système à antennes cadre. Le matériel en essai est installé au centre du système à antennes cadre. Le courant induit par le champ magnétique du matériel en essai dans chacune des trois grandes antennes cadre du LAS est mesuré en connectant la sonde de courant de la grande antenne cadre au récepteur de mesure (ou équivalent). Au cours des mesures, le matériel en essai reste en position fixe.

Les courants dans les trois grandes antennes cadre, issus des trois composantes de champ magnétique mutuellement orthogonales, sont mesurés à la suite. Chacune des amplitudes mesurées doit respecter la limite d'émission, exprimée en dB(μ A), selon la spécification de la norme de produits. La limite d'émission doit s'appliquer à un LAS comportant de grandes antennes cadre de diamètre normalisé égal à 2 m.



F: matériaux absorbants en ferrite

IEC 756/10

Figure 5 – Principe des mesures des courants induits par un champ magnétique avec le système à antennes cadre

7.2.3 Environnement d'essai

La distance entre le périmètre extérieur du système à antennes cadre 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 LAS 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 le matériel en essai et le système à antennes cadre (LAS), les dimensions maximales du matériel en essai doivent laisser une marge minimale de 0,20 m entre ce dernier et les grandes antennes cadre de 2 m normalisées du LAS.

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 le matériel en essai respecte la limite d'émission conduite.

Dans le cas d'un matériel en essai de taille importante, on peut augmenter le diamètre des antennes cadre du LAS jusqu'à 4 m. Dans ce cas:

- a) les valeurs du courant mesurées doivent être corrigées conformément à B.6 de la CISPR 16-1-2; et
- b) les dimensions maximales du matériel en essai doivent laisser, entre le matériel en essai 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 à antennes cadre

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes des mesures des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.3 Mesures sur site 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 le matériel en essai 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 audit matériel, sur tous les angles dans le plan d'azimut. Cette grandeur doit être déterminée compte tenu des dispositions suivantes:

- a) la gamme 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 site 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 du matériel en essai et le point de référence de l'antenne par rapport au plan de sol;
- g) la configuration et le fonctionnement du matériel en essai sont conformes aux spécifications CISPR;
- h) des facteurs d'antenne en espace libre doivent être utilisés.

Le mesurande E est déduit du relevé de tension maximale V_r en utilisant le facteur d'antenne en espace libre F_a :

$$E = V_r + A_c + F_a \quad (4)$$

où

E est l'amplitude de champ exprimée en dB(μ V/m) comme dans la description du mesurande;

V_r est la tension de réception maximale 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}).

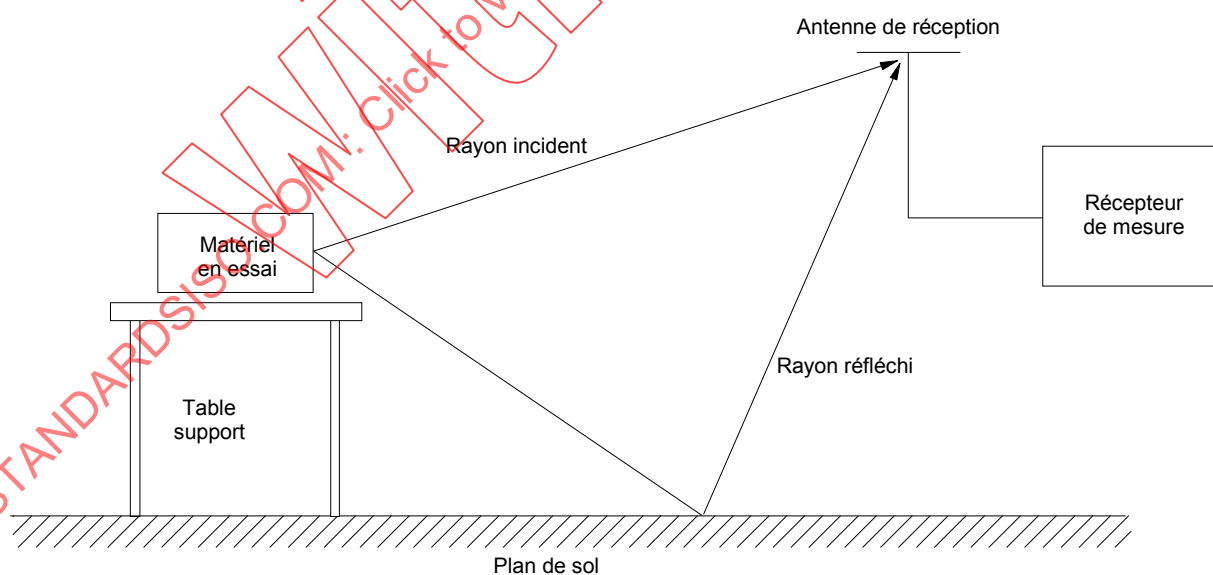
NOTE Les facteurs d'antenne en espace libre sont utilisés comme facteur de mérite de l'antenne. Il convient de noter que l'amplitude du champ est mesurée au-dessus d'un plan de sol et non dans un environnement en espace libre.

7.3.2 Exigences relatives au site d'essai

Le site d'essai doit être conforme aux spécifications pertinentes de la CISPR 16-1-4 concernant ses propriétés physiques et électriques, ainsi que sa validation.

7.3.3 Méthode générale de mesure

La Figure 6 illustre le concept des mesures effectuées sur un site d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) avec des rayons incidents et réfléchis par le sol arrivant sur l'antenne de réception.



IEC 757/10

Figure 6 – Concept des mesures de l'amplitude de champ électrique effectuées sur un site d'essai en espace libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) illustrant les rayons incidents et réfléchis par le sol arrivant sur l'antenne de réception

Le matériel en essai est installé à une hauteur spécifiée au-dessus du plan de sol. Il est configuré pour représenter des conditions de fonctionnement normales. L'antenne est placée à la distance de séparation spécifiée. On fait effectuer une rotation au matériel en essai 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 interchangeables et peuvent devoir 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 qu'un matériel en essai soumis à une limite de perturbation rayonnée à une distance spécifiée soit mesuré 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 du matériel en essai le plus proche de l'antenne et le point de référence d'étalonnage de l'antenne sur le plan de sol. 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 gamme de fréquences des antennes.

NOTE La fréquence centrale est définie par: $\log(f_{\text{centre}}) = (\log f_{\text{min}} + \log f_{\text{max}})/2$, $f_{\text{centre}} = 10^{\log(f_{\text{centre}})}$

Une distance de 10 m est préférable pour la plupart des sites 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 indication 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 mesures 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:

- $d \geq \lambda/6$. A 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 le matériel en essai est considéré comme une antenne doublet accordée; ou
- $d \geq \lambda$, condition pour une onde plane, où l'erreur est de l'ordre de 0,5 dB si le matériel en essai est considéré comme une antenne doublet accordée; ou
- $d \geq 2D^2/\lambda$, où D est la dimension la plus grande du matériel en essai ou de l'antenne, qui détermine l'ouverture minimale pour l'illumination du matériel en essai, qui s'applique aux cas dans lesquels $D \gg \lambda$.

7.3.5 Variation de la hauteur d'antenne

Pour mesurer l'amplitude du champ électrique, on doit faire varier la hauteur d'antenne au-dessus du plan de sol à l'intérieur d'une gamme 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. A 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 balayages 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 du site d'essai.

7.3.6 Détails à fournir dans la spécification de produits

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 du matériel en essai. 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 la précision des mesures de perturbations. Il convient que le bruit radioélectrique ambiant et les niveaux de signaux mesurés sur le site d'essai avec le matériel en essai hors fonctionnement 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 ambiants plus celles du matériel en essai ne sont pas supérieurs à la limite, le matériel en essai doit être considéré comme étant conforme à cette dernière. Pour des indications 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 gammes de mesures spécifiées, dépasse la ou les limites, les solutions suivantes peuvent être appliquées:

- a) effectuer les mesures à une distance plus courte et extrapoler les résultats à la distance pour laquelle la limite est spécifiée. La formule d'extrapolation doit être celle recommandée dans la norme de produits ou doit être vérifiée en effectuant des mesures pour trois distances différentes au moins;
- b) effectuer les mesures 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;
- c) comparer l'amplitude de la perturbation du matériel en essai 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 à revêtement absorbant blindée. 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;
- d) lorsque l'on oriente l'axe d'un site 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 le site discrimine ces signaux, dans la mesure du possible;
- e) utiliser un appareil de mesure avec une bande plus étroite pour les perturbations à bande étroite du matériel en essai proches d'un signal RF ambiant, qui sont tous deux situés dans la largeur de bande normalisée.

7.3.6.3 Configuration du matériel en essai

Les conditions de fonctionnement du matériel en essai doivent être spécifiées, par exemple les caractéristiques des signaux d'entrée, les modes de fonctionnement, la disposition des composants, les longueurs et types de câbles d'interconnexion, etc.

Les essais de systèmes individuels ou à composants multiples doivent satisfaire aux deux conditions suivantes:

- a) le système est configuré pour une utilisation type;
- b) le système est configuré afin de rendre maximales les perturbations.

Le terme **système** se rapporte au matériel en essai combiné aux composants qui lui sont connectés et à tous les câbles de connexion nécessaires.

Le terme **configuration** se rapporte à l'orientation du matériel en essai, des autres composants du système, des câbles d'interconnexion et des cordons d'alimentation qui composent le système. Pendant toutes les mesures, la configuration du système doit être réglée de manière à ce que les deux conditions ci-dessus soient remplies, la condition a) précédant la condition b), selon les indications données aux alinéas suivants.

Le terme **type** est utilisé pour décrire la façon dont le matériel en essai est réellement utilisé. Les indications relatives à l'installation d'une configuration type sont données ci-dessous.

Pour les matériels conçus comme partie intégrante d'un système à composants multiples, le matériel en essai doit être installé dans un système type et configuré conformément aux instructions du fabricant. Il doit également fonctionner d'une façon qui corresponde à l'utilisation type qui en est faite. Pendant toute la durée des essais, le matériel en essai et tous les composants du système doivent être manipulés aux limites de l'utilisation type afin de maximiser chaque perturbation.

Les câbles d'interface doivent être connectés à chaque accès d'interface du matériel en essai. L'effet du changement de position de chaque câble doit être analysé afin de déterminer la configuration qui maximise chaque perturbation, en fonction de sa configuration type lors d'une utilisation réelle. Le nombre de manipulations peut être limité si certaines configurations de câbles de ce type permettent d'obtenir des perturbations maximales dans la gamme de fréquences analysée.

Le type et la longueur des câbles d'interface doivent être spécifiés par le fabricant du matériel. Toute longueur de câble supplémentaire doit être groupée séparément en forme de serpent au centre approximatif du câble, le faisceau ayant une longueur de 30 cm à 40 cm. Si la pratique ne permet pas cette opération à cause de l'encombrement ou de la rigidité du câble, ou parce que les essais sont effectués sur les installations de l'utilisateur, la disposition de la longueur de câble supplémentaire est alors laissée à la discrétion de l'ingénieur chargé des essais, et il convient qu'elle soit notifiée dans le rapport d'essai. Des exigences différentes, relatives au câblage supplémentaire, peuvent être spécifiées dans la norme de produits.

Les câbles ne doivent pas être placés au-dessous, en haut du matériel en essai ou sur les composants du système, à moins qu'il ne soit approprié de procéder ainsi; par exemple un câble est normalement acheminé au moyen de supports de câbles aériens ou sous le plan de sol. Les câbles doivent être adjacents aux enveloppes extérieures du matériel en essai et de tous les composants du système uniquement dans le cas où ceci correspond à une utilisation type. Il convient d'analyser le matériel en essai dans différents modes de fonctionnement.

Pour un matériel en essai en fonctionnement normal, posé sur une table, il convient d'effectuer les essais d'émissions rayonnées sur une table non conductrice, dont le dessus est de dimension convenable. Il convient de placer la table sur une plate-forme tournante télécommandée construite avec des matériaux non conducteurs. Il convient que le haut de la plate-forme tournante soit normalement placé à moins de 0,5 m au-dessus du plan de sol et que la hauteur de la table et de la plate-forme réunies ne dépasse pas 0,8 m au-dessus du plan de sol. Si la plate-forme tournante est à la même hauteur que le plan de sol, sa surface doit être composée de matériaux conducteurs et la hauteur de 0,8 m doit être mesurée à partir du haut de la plate-forme tournante. Un matériel en essai placé normalement au sol est mesuré au sol. Une plate-forme tournante encastrée (plateau tournant) est utile dans cette situation. Un matériel en essai qui peut normalement être placé sur le sol ou sur le dessus de la table doit être soumis à l'essai comme un dispositif placé sur le dessus de la table.

Le matériel en essai doit être mis à la masse conformément aux exigences du fabricant et aux conditions d'utilisation normale. Si le matériel en essai fonctionne sans connexion à la masse, il doit être soumis à des essais sans liaison à la masse. Lorsque le matériel en essai est

fourni avec une borne de masse ou un fil de masse connecté dans des conditions réelles d'installation, le fil ou la borne de masse doit être connecté(e) au plan de sol (ou au dispositif de mise à la masse), simulant des conditions réelles d'installation. Tout fil de masse à connexion interne inclus dans la fiche du cordon d'alimentation en courant alternatif du matériel en essai doit être connecté à la masse par le réseau d'alimentation. Un matériel en essai posé au sol doit, sauf aux sites de connexion prévus par le fabricant, être isolé du plan de masse au moyen d'un matériau diélectrique d'une épaisseur allant jusqu'à 15 cm.

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 Mesures de l'amplitude du champ électromagnétique sur d'autres sites en extérieur

Les sites d'essai en extérieur similaires au site d'essai en espace libre mais sans plan de sol en métal, peuvent être prescrits 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

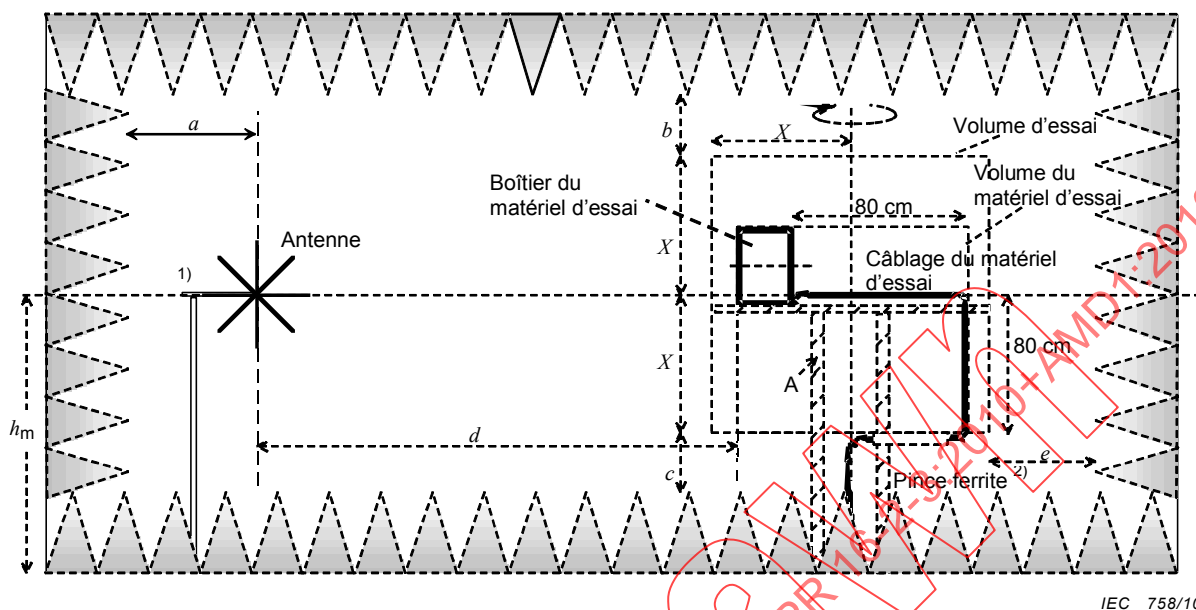
Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes de mesure des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1. Les aspects liés à l'incertitude, spécifiques aux mesures des émissions rayonnées sur un OATS ou un SAC (30 MHz à 1 GHz), sont mentionnés dans la CISPR 16-4-2.

7.4 Mesures en chambre entièrement anéchoïque (30 MHz à 1 GHz)

7.4.1 Installation d'essai et géométrie du site

Le type d'antenne utilisé pour les essais d'émission du matériel en essai doit être le même que celui de l'antenne de réception utilisée pour les essais de validation de la chambre entièrement anéchoïque. La hauteur de l'antenne est fixée au milieu géométrique de la hauteur du volume d'essai. Les mesures sont effectuées avec les polarisations horizontale et verticale de l'antenne de réception. Il convient que l'émission soit mesurée pendant la rotation du plateau tournant dans au moins trois positions successives en azimut (0°, 45°, 90°) du matériel en essai, lorsqu'une rotation continue n'est pas prescrite. La Figure 7 illustre la géométrie type d'une chambre entièrement anéchoïque, avec les dimensions correspondantes.

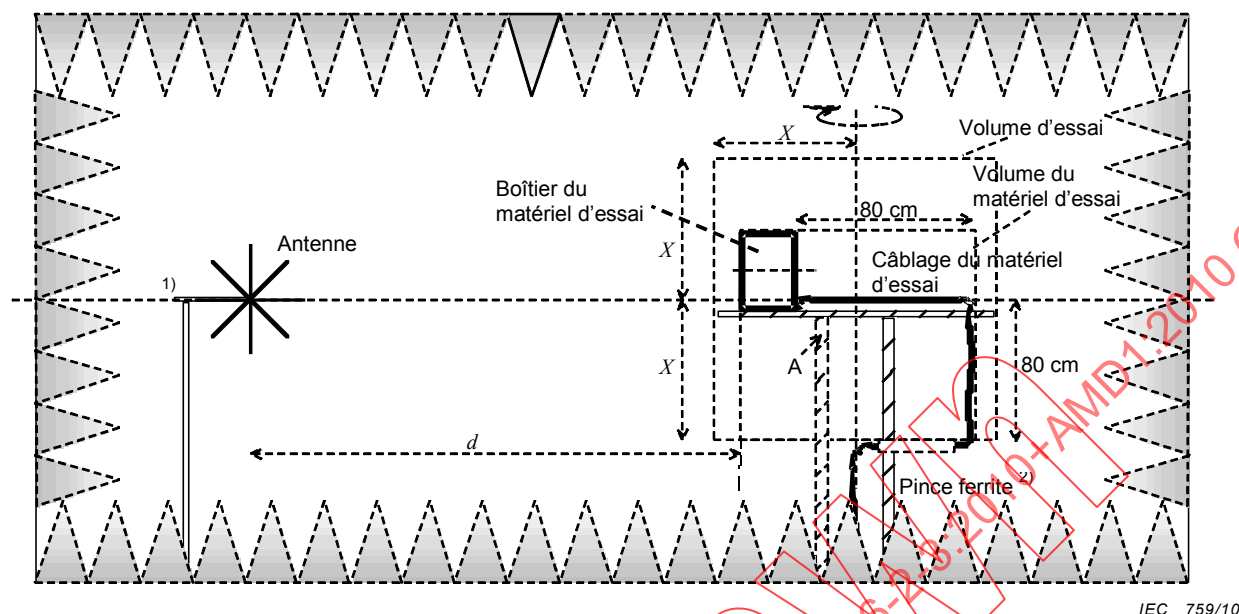
Le matériel en essai doit être placé sur un plateau tournant. Les Figures 7, 8 et 9 expliquent les différentes dimensions à l'intérieur de la chambre entièrement anéchoïque. Le plateau tournant, le mât d'antenne et le plancher d'appui doivent être en place pendant la procédure de validation du site, 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 des absorbants plus c) est le niveau pour les appareils posés au sol (la hauteur de la palette de transport est en dehors du volume d'essai).



IEC 758/10

- A plateau tournant et fixation du support du matériel en essai;
- $2X$ 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 d'étalonnage de la chambre entièrement anéchoïque, 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 du matériel.
- 2) Les pinces ferrites doivent être utilisées conformément à la norme de produits applicable; leur utilisation (si nécessaire) doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 7 – Géométrie type d'une chambre entièrement anéchoïque, où a, b, c, e dépendent des performances de la chambre



IEC 759/10

- A plateau tournant et fixation du support du matériel en essai;
- $2X$ 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 du site (voir Figure 7).
- 2) Les pinces ferrites doivent être utilisées conformément à la norme de produits applicable; leur utilisation (si nécessaire) doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 8 – Installation type d'essai pour un appareil sur table dans le volume d'essai d'une chambre entièrement anéchoïque

La distance d'essai est mesurée à partir du point de référence de l'antenne jusqu'au périmètre du matériel en essai. 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.

Le facteur de correction, C_{dr} en dB, dans l'Équation (5), peut être ajouté à la valeur de l'amplitude du champ afin de réduire son incertitude. Dans la procédure d'étalonnage de l'antenne, un facteur de correction de phase C_{dr} est mesuré à chaque fréquence. La procédure de mesure est définie avec l'étalonnage de l'antenne, ou calculée à partir de l'espacement mécanique des éléments log-périodiques, ainsi que le facteur d'antenne F_a . Les deux facteurs (C_{dr} et F_a) donnés en dB, sont ajoutés à la tension de sortie de l'antenne pour obtenir l'amplitude du champ, selon l'Équation (6). Si une correction de centre de phase n'est pas incluse, il est nécessaire d'ajouter un terme complémentaire dans le budget d'incertitude.

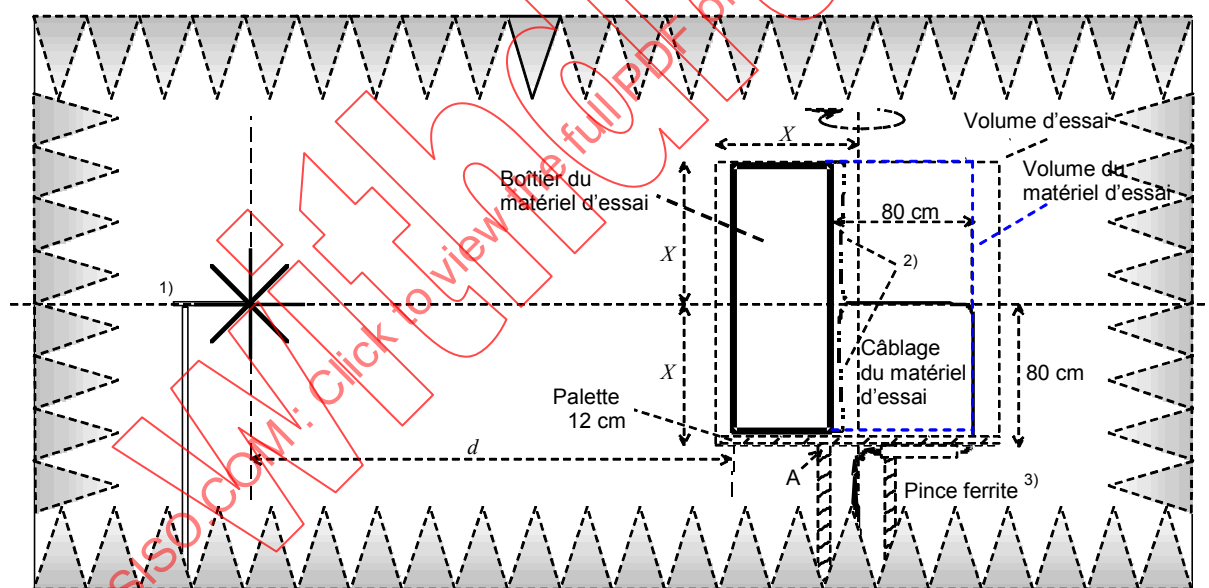
$$C_{dr} = 20 \log[(d + P_f - r)/d] \quad (5)$$

L'amplitude de champ est donnée par l'équation:

$$E_f = V_f + F_a + C_{dr} \quad (6)$$

où

- f est la fréquence (MHz);
- d est le point de séparation requis entre la limite du matériel en essai et le point de référence sur l'antenne (m);
- P_f est la position du centre de phase en fonction de la fréquence, (m à partir de la terminaison de l'antenne);
- r est la distance entre le point de référence sur l'antenne et l'extrémité de l'antenne (m);
- E_f est le champ E à la distance d de la source, [dB($\mu\text{V/m}$)];
- V_f est la tension à la sortie de l'antenne à la fréquence f [dB(μV)];
- C_{dr} est le facteur de correction du centre de phase (dB);
- F_a est le facteur d'antenne (en espace libre) pour le champ E au centre de phase [dB (m^{-1})].



IEC 760/10

- | | |
|-----|---|
| A | plateau tournant et fixation du support du matériel en essai |
| 2 x | 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 sol métallique et un plan de sol en bois.

- 1) La disposition du câble d'antenne doit être la même que pendant la procédure de validation (voir Figure 7).
- 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 pinces ferrites doivent être utilisées conformément à la norme de produits applicable; leur utilisation (si nécessaire) doit être documentée dans le rapport d'essai.

Figure 9 – Installation type d'essai pour un appareil reposant sur le sol dans le volume d'essai d'une chambre entièrement anéchoïque

7.4.2 Position du matériel en essai

Les Figures 8 et 9 illustrent les installations d'essai dans une chambre entièrement anéchoïque pour des matériels en essai sur table et reposant sur le sol type, respectivement. Le matériel en essai doit être configuré, installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. L'ensemble du matériel en essai doit être compris dans le volume d'essai. Le matériel associé, qui est nécessaire au fonctionnement du matériel en essai 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 du matériel en essai. Si le matériel en essai 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'interface 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 répétitivité de la mesure, les lignes directrices suivantes doivent être prises en compte:

- a) Le matériel en essai (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 matériel de grande dimension jusqu'au centre du volume d'essai (Figures 7 et 8), le matériel en essai peut rester sur une palette de transport non-conductrice pendant l'essai (Figure 9). La hauteur de la palette doit être consignée dans le rapport d'essai.

Les spécifications d'installation pour certains matériels reposant sur le sol exigent que l'unité soit installée et fixée directement sur un sol conducteur. Les éléments suivants s'appliquent aux essais des matériels reposant sur le sol dans une chambre entièrement anéchoïque: si des résultats d'essai obtenus dans une chambre entièrement anéchoïque avec des matériels reposant sur le sol destinés à être installés et fixés directement sur un sol conducteur, révèlent une non-conformité avec une limite d'émission applicable aux sites d'essai dans une chambre entièrement anéchoïque, les émissions réelles peuvent être inférieures si le matériel en essai est mesuré sur un plan de sol 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 sol (c'est-à-dire un site 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 mesures en chambre entièrement anéchoïque.

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 matériel est mesuré sur des sites d'essai différents. Les points suivants constituent des conditions générales pour l'installation d'essai afin de fournir une bonne reproductibilité (voir Figures 8 et 9). 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. Le matériel en essai peut utiliser des câbles sans terminaison si des 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 au matériel en essai 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 Figures 8 et 9). 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 Ω ou 75 Ω);
 - 2) les câbles blindés avec plus d'un conducteur intérieur doivent avoir des terminaisons en mode commun (entre ligne et masse ou terre de référence) et en mode différentiel (entre lignes) 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 le matériel en essai nécessite un matériel associé pour fonctionner correctement, on doit veiller à ce qu'aucune émission de ce matériel ne puisse influencer la mesure de rayonnement. Le matériel associé doit être placé dans toute la mesure du possible à l'extérieur de la chambre blindée. Des mesures doivent être prises contre les fuites RF entrant dans la chambre entièrement anéchoïque par les câbles d'interconnexion
- e) L'installation d'essai y compris la disposition des câbles, les spécifications des câbles connectés et des terminaisons, ainsi que les mesures prises pour supprimer l'influence des émissions des longueurs de câble à l'extérieur du volume d'essai (par exemple l'utilisation de pinces ferrites) sont spécifiées dans les différentes normes de produits.

Compte tenu de la nature différente du grand nombre possible de matériels en essai 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 [3])¹².

7.4.4 Incertitude de mesure de la chambre entièrement anéchoïque

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes des mesures 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 une mesure des émissions à une distance de 3 m dans une chambre entièrement anéchoïque est donné à 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 installation commune du matériel en essai 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 du matériel en essai utilisant la même configuration et la même installation d'essai sont techniquement justifiés. L'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 au matériel en essai. Cette installation d'essai alternative est autorisée pour les matériels en essai dont les normes d'émissions de produits 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 sol, entre le matériel en essai et l'antenne émettrice, si nécessaire afin

¹² Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

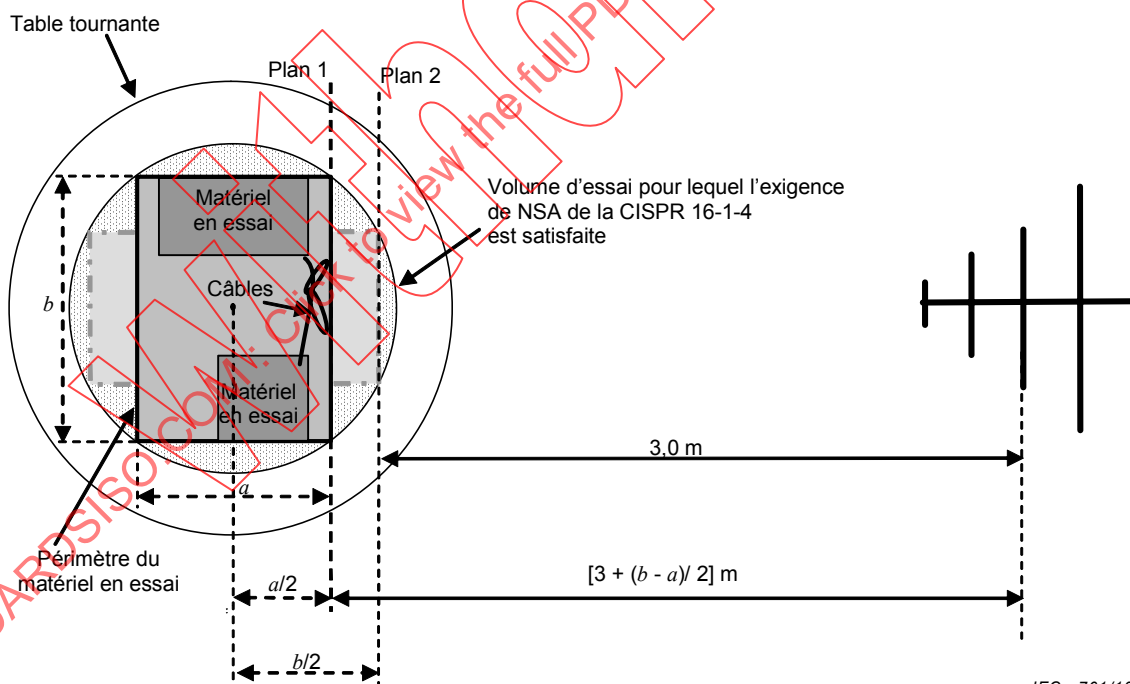
d'assurer l'uniformité du champ, comme décrit dans la CEI 61000-4-3 (c'est-à-dire un SAC à revêtement absorbant, analogue à un OATS également à revêtement absorbant). Dans le cas des mesures d'émissions, les caractéristiques normalisées d'atténuation d'emplacement de la chambre semi-anéchoïque, sans plan de sol en revêtement absorbant, doivent satisfaire aux exigences de la CISPR 16-1-4.

7.5.2 Définition du périmètre du matériel en essai et distance de séparation antenne-matériel en essai

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 du matériel soumis à l'essai, mesurée depuis le centre du matériel. Le point de référence de l'antenne utilisé lors de la détermination de sa distance par rapport au matériel en essai 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.

Le périmètre du matériel en essai est défini par le plus petit rectangle virtuel (imaginaire) qui englobe le matériel en essai. Tous les câbles inter-systèmes doivent être inclus à l'intérieur de cette limite (voir Figure 10). Chacun des bords de ce périmètre doit s'appuyer sur l'une des quatre faces planes du matériel en essai, et être coplanaire (et si possible inclus à l'intérieur) aux zones de champ uniforme (UFA) étalonnées pour les essais d'immunité, en fonction de la distance d'essai horizontale.



IEC 761/10

Figure 10 – 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:

- Le matériel en essai et son matériel auxiliaire (AuxEq) (par exemple, périphériques et câbles), doivent tenir à l'intérieur d'un volume d'essai où les exigences de validation de

site de la CISPR 16-1-4 sont satisfaites. Se référer à la procédure de validation de site des sites d'essai alternatifs pour la mesure des émissions définies dans la CISPR 16-1-4;

- Le matériel en essai et son matériel auxiliaire (AuxEq) doivent tenir à l'intérieur d'un volume d'essai qui autorise chacune des faces du matériel et de son AuxEq à être alignée sur la zone de champ uniforme conformément aux exigences de la CEI 61000-4-3 et comme décrit dans le présent paragraphe.

L'évaluation des matériels en essai 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 la CEI 61000-4-3. Dans l'exemple illustré à la Figure 10, 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 dudit matériel (azimut 90°).

Pour accueillir des matériels en essai avec 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 à travers 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 mesurer un matériel en essai dont la face exposée se situe entre les deux zones de champ uniforme étalonnées. Il est supposé que:

- le critère compris entre -0 dB et +6 dB est satisfait pour le nombre de points défini par la CEI 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'on applique une puissance incidente constante à l'antenne.

Désigner P_{c1} comme la puissance directe (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 directe correspondante pour la zone de champ uniforme, à 0,75 m du centre du plateau tournant. La puissance incidente nécessaire pour illuminer la surface du matériel en essai 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 au 6.2 de la CEI 61000-4-3, étalonnage du champ, pour des détails et des descriptions supplémentaires relatifs aux mesures.

Pour des variations de dimensions de périmètre d'enveloppe d'un matériel en essai 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 se révèle nécessaire à la distance de séparation correspondant au Plan 1 de la Figure 10 (la face la plus large du matériel en essai).

NOTE Lorsque la méthode décrite dans l'alinéa ci-dessus est utilisée, deux faces du matériel en essai seront 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 du matériel en essai, incluant les câbles de connexion, doit tenir à l'intérieur du volume d'essai pour lequel l'exigence de validation de site est satisfaite. Pour les installations communes d'émission/immunité, le site doit être étalonné selon deux plans verticaux correspondant aux dimensions minimale et maximale du périmètre du matériel en essai à des angles de 0° , 90° , 180° et 270° par rapport aux faces dudit matériel. Les types de matériel à soumettre à l'essai dans l'installation peuvent être pris en compte pour la sélection de la localisation 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 matériel en essai ayant une différence entre les deux dimensions limites inférieure à 0,6 m), les absorbants 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 communes pour les essais d'émissions/immunité

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 armoire) avec tous les couvercles et panneaux d'accès en place. Tout écart par rapport aux conditions normales de fonctionnement du matériel en essai doit être consigné dans le rapport d'essai. Les spécifications de 7.3.6.3 s'appliquent. Le matériel en essai (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 dudit matériel.

La hauteur du matériel en essai au-dessus du plan de sol doit être définie conformément aux exigences suivantes:

- un matériel 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 au sol est placé sur un support non conducteur, comme spécifié dans la norme de produits applicable. Si la norme de produits ne comporte aucune exigence de positionnement en hauteur du matériel en essai, ce dernier doit être placé sur un support non conducteur à une hauteur de 5 cm à 15 cm au dessus du plan de sol.

Les matériels conçus pour être montés en saillie sur un mur doivent être soumis à l'essai comme des matériels sur table. L'orientation du matériel en essai doit correspondre à celle d'une utilisation normale (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 du matériel en essai 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 appareils 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, l'agencement optimum des éléments, charges, types d'interfaces et câbles s'avère différent pour les essais d'émissions et d'immunité, ce qui peut résulter en une reconfiguration nécessaire du matériel en essai à l'intérieur de l'arrangement 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 ou 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 observées. Toutefois, dans le cas d'exigences contradictoires, la disposition et la longueur maximale des câbles définies dans la norme de produits pour les émissions doivent ~~prévaloir être utilisées~~. Ces règles peuvent être respectées par l'utilisation des règles de positionnement des câbles édictées dans les normes d'émission, 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 ne requièrent 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 longueur. Si la norme de produits pour les émissions ne contient aucune information concernant la disposition des câbles, la disposition suivante est appliquée:
- Pour un matériel en essai posé sur table (Figures 11 et 12), les câbles quittant le volume d'essai uniforme (c'est-à-dire ceux qui connectent le matériel à l'environnement extérieur) doivent être exposés au champ électromagnétique comme indiqué aux Figures 11 et 12 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 le matériel en essai). 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 sol. Si les câbles qui pendent à moins de 40 cm du plan de sol 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 sol pour les produits posés sur table (placés sur la table haute de 0,8 m), la disposition horizontale doit dépendre de la longueur de câble excédant 0,8 m. L'arrangement en faisceau n'est pas exigé.
- Pour un matériel en essai posé au sol (Figures 13 et 14), 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 (dépendant de la hauteur des accès E/S au dessus du sol). Les câbles horizontaux doivent être isolés des plans de sol par une hauteur minimale de 10 cm sur toute la longueur de câble qu'il est envisagé d'étendre au sol.

Le câblage entre les enveloppes du matériel en essai doit être considéré comme suit:

- Les types de câblage et les connecteurs spécifiés par le fabricant doivent être utilisés.
- Si les spécifications du fabricant exigent un câble de longueur 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 longueur, pour les matériels posés sur table (voir Figures 11 et 12) et approximativement de 1 m pour les matériels posés au sol (voir Figures 13 et 14).
- 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 de matériels en essai posés sur table et de matériels en essai posés au sol doivent être agencées selon la configuration d'installation 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 requise.

- Les terminaisons des câbles non raccordés à un autre équipement 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 du matériel en essai. 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 le matériel en essai requiert un matériel associé (AE) pour fonctionner correctement, il faut veiller à s'assurer que l'AE n'affecte ni les mesures d'émissions rayonnées, ni les essais d'immunité rayonnée. Les matériels auxiliaires peuvent être situés 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 mesures préventives 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 dispositifs ou matériels utilisés pour supprimer les émissions indésirables des matériels auxiliaires doivent être situés à l'extérieur de l'enceinte d'essai ou en dessous d'un sol surélevé.
- L'installation d'essai, incluant la disposition des câbles, les spécifications des câbles raccordés et de leurs terminaisons, l'utilisation de la ou des pinces ferrites sur les câbles quittant le volume d'essai, ainsi que d'autres mesures prises pour supprimer les émissions des matériels auxiliaires à l'extérieur du volume d'essai, doivent être clairement décrits dans le rapport d'essai.

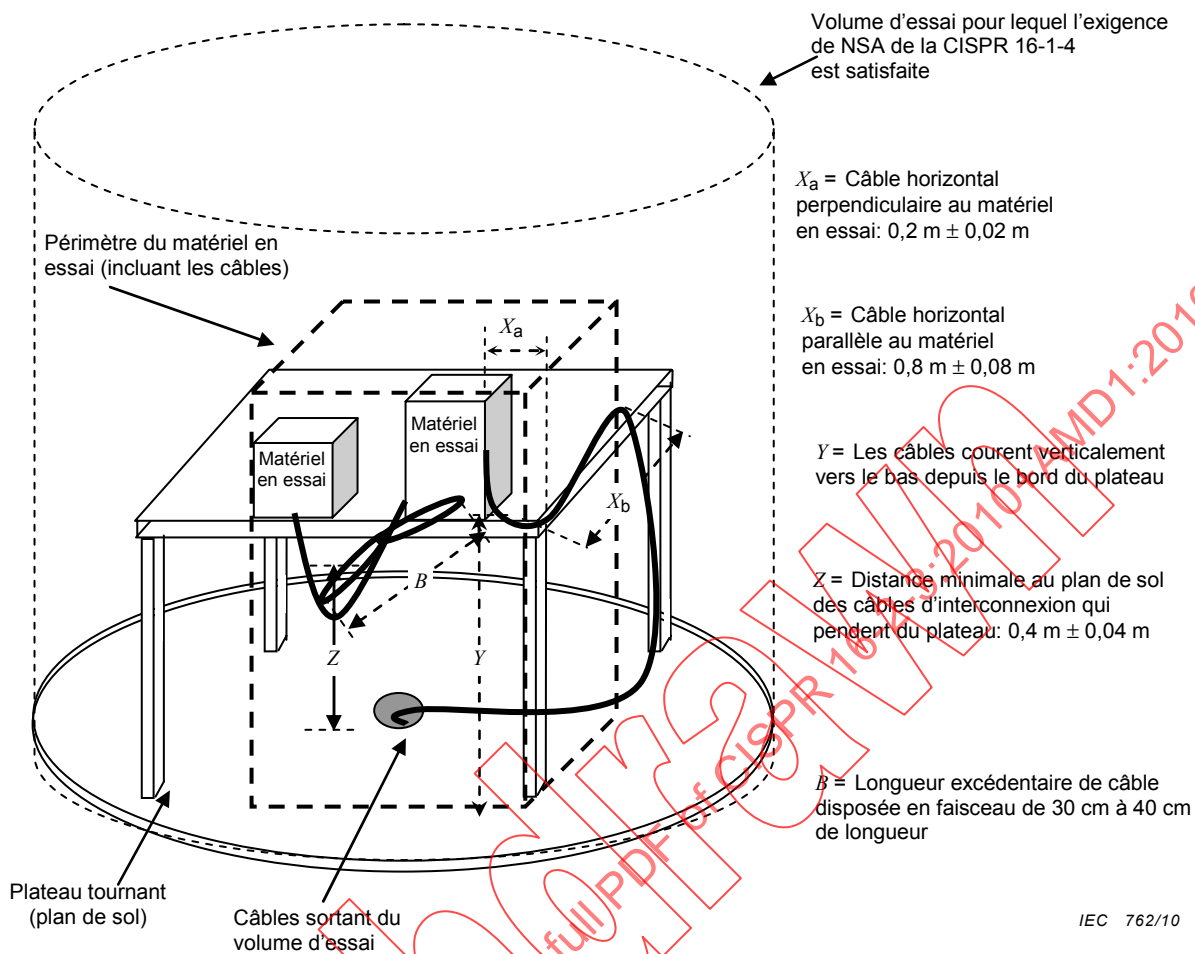


Figure 11 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table

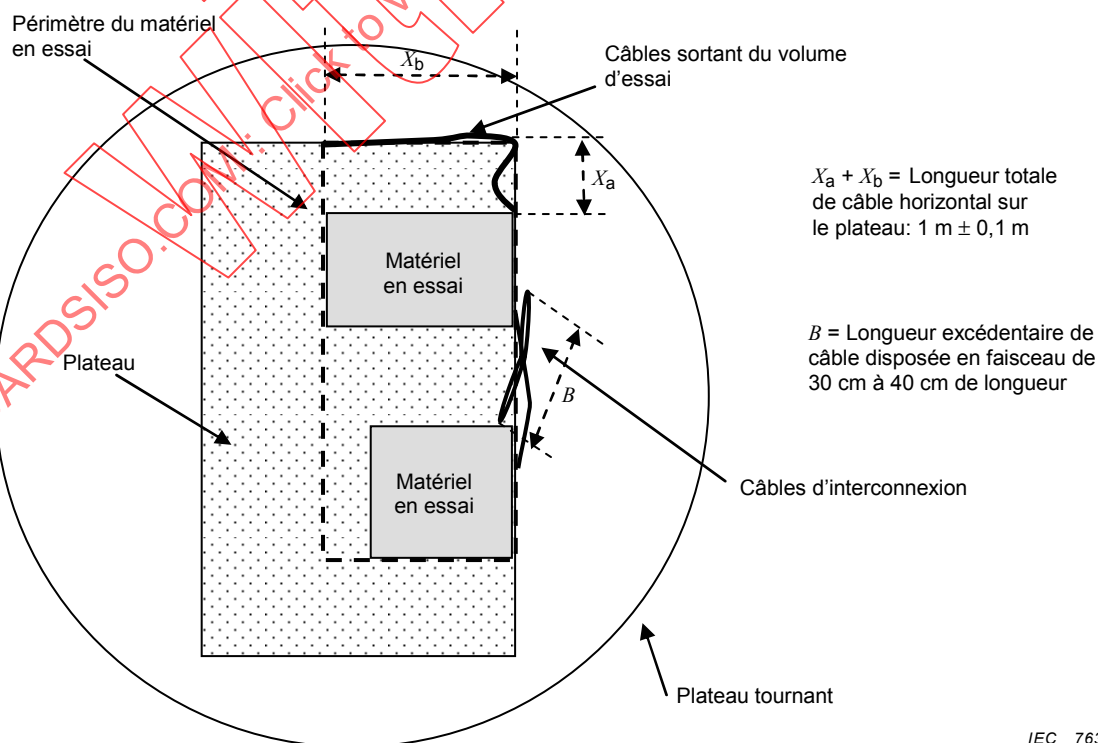


Figure 12 – Installation d'essai pour un matériel posé sur table – Vue de dessus

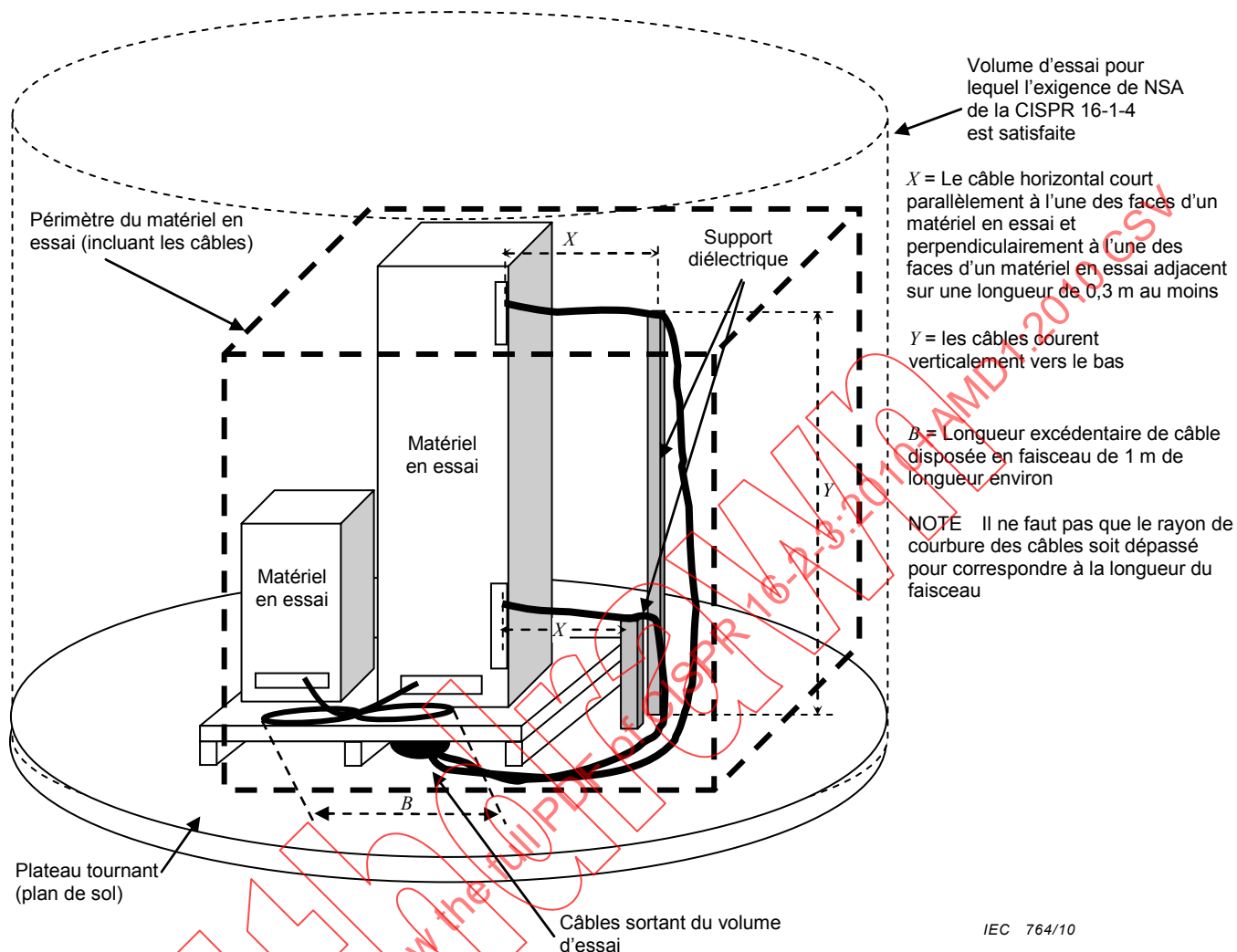


Figure 13 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol

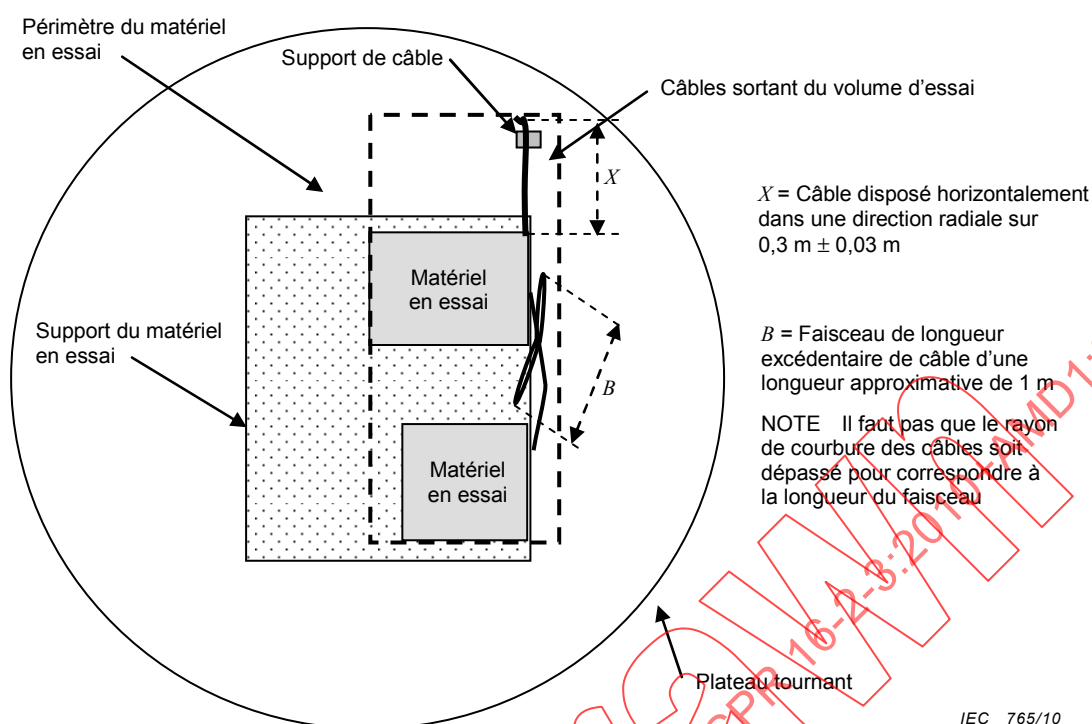


Figure 14 – Installation d'essai pour un matériel posé au sol, vue de dessus

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 des mesures des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.6 Mesures en chambre entièrement anéchoïque et mesures en OATS/SAC à revêtement absorbant (1 GHz à 18 GHz)

7.6.1 Grandeur à mesurer

L'amplitude du champ électrique émis par le matériel en essai à la distance de mesure est la grandeur à mesurer. Le résultat doit être exprimé en termes d'amplitude de champ.

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:

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

Pour des distances d , en m, autres que 3 m:

$$E_d = P_{RE} + 7,4 + 20 \log \left(\frac{3}{d} \right) \quad (8)$$

7.6.2 Distance de mesure

L'amplitude du champ émis par le matériel en essai est mesurée à une distance préférentielle de 3 m. La distance de mesure, d , est la distance horizontale entre la périphérie du matériel en essai et le point de référence de l'antenne de réception (voir Figure 15). Le matériel en

essai englobe toutes les parties qui le constituent, y compris les supports des 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 $D^2/(2\lambda)$;
- des distances supérieures pour des matériels en essai de grandes dimensions de façon à permettre au faisceau de l'antenne d'englober le matériel en essai.

NOTE Compte tenu du fait que les composantes dominantes des signaux de perturbation du matériel en essai peuvent être considérées comme incohérentes et rayonnées à partir d'une source ponctuelle, il est nécessaire d'appliquer la distance minimale mentionnée ci-dessus, c'est-à-dire $D^2/(2\lambda)$, en utilisant les dimensions de l'antenne de mesure et non celles du matériel en essai.

Si les mesures sont effectuées à une distance différente de 3 m (voir note ci-dessus), 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 supposant une propagation en espace libre. Les utilisateurs sont informés que la comparaison des mesures à des distances différentes et l'extrapolation des résultats ne seront pas en aussi bonne corrélation que les mesures effectuées 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 du matériel en essai 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 (posé sur une table, posé au sol, monté en baie, à montage mural, etc.).

Il convient également que l'installation d'essai considère que les absorbants sont généralement nécessaires sur le sol entre l'antenne et le matériel en essai pour les mesures au-dessus de 1 GHz. Lorsque la pratique le permet, pour les mesures d'émissions au-dessus de 1 GHz, il convient que le matériel en essai soit élevé au-dessus de la hauteur des absorbants. S'il n'est pas possible d'élever l'ensemble du matériel en essai au-dessus des absorbants (c'est-à-dire pour du matériel monté en baie ou posé sur le sol), il convient de configurer le matériel en essai (dans une baie ou un châssis, par exemple), de telle sorte que les éléments rayonnants soient situés au-dessus des absorbants. Le matériel en essai doit être situé dans le volume d'essai déterminé lors de la validation du site, comme décrit dans la CISPR 16-1-4. Si la pratique ne permet pas d'élever le matériel en essai ou ses éléments rayonnants au-dessus de la hauteur des absorbants en toute sécurité, la portion maximale du matériel en essai qui peut être située en dessous du point le plus haut des absorbants est de 30 cm (voir 7.6.6.1 et Figure 15).

La configuration réelle du matériel en essai 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 du matériel en essai par rapport au sol de l'installation ou à la surface du plateau tournant, la mise en place de l'absorbant sur le sol (hauteur et emplacement), et l'emplacement de l'antenne de réception.

7.6.4 Site de mesure

Le site 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 mesures pour vérifier la conformité à une limite de crête doivent être réalisées avec l'analyseur de spectre de mesure de crête ou le récepteur 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 mesures pour vérifier la conformité à une limite moyenne doivent être réalisées 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 requise pour une mesure moyenne doit être inférieure à la composante spectrale la plus faible des signaux d'entrée à mesurer.

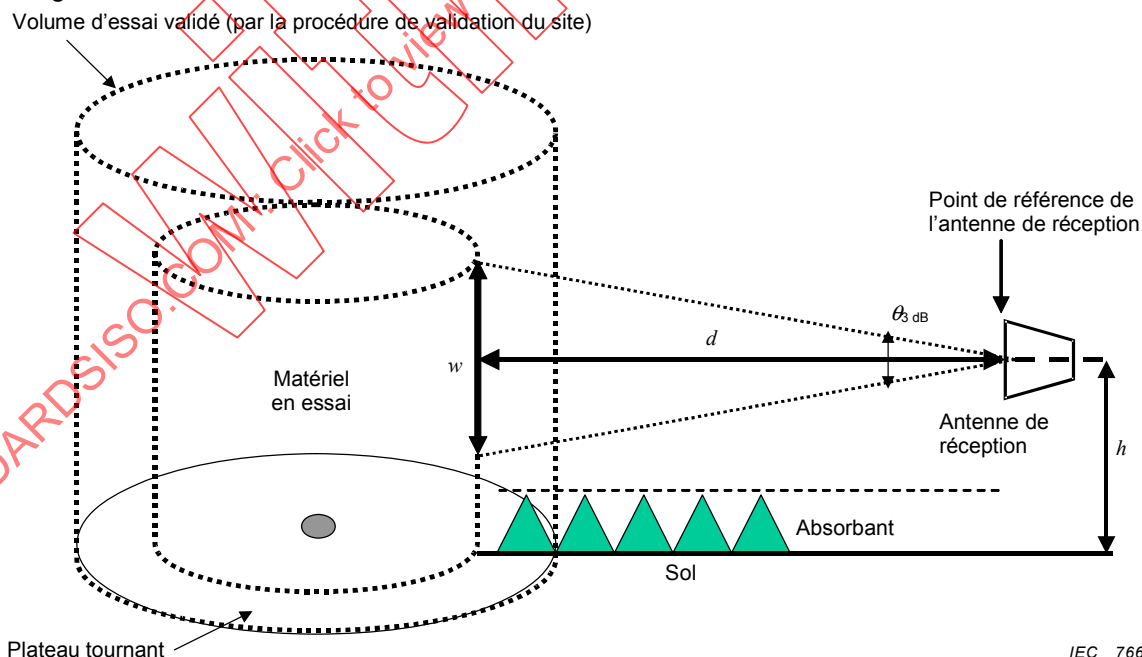
NOTE Pour réaliser des mesures moyennes, on peut utiliser un analyseur de spectre en réglant l'affichage en mode linéaire et la largeur de bande vidéo à une valeur inférieure à la plus petite composante spectrale du signal d'entrée à mesurer. Par exemple, si le signal d'entrée a une fréquence de répétition d'impulsion (PRF) 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) traversera 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 mesures 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 précis. Le mode logarithmique est autorisé pour des mesures moyennes, lorsque les limites de spécification supposent qu'un détecteur logarithmique sera utilisé.

7.6.6 Mode opératoire de mesure

7.6.6.1 Description générale de la méthode de mesure du champ rayonné au-dessus de 1 GHz

La méthode de mesure du champ rayonné au-dessus de 1 GHz est basée sur la mesure du champ électrique maximum émis par le matériel en essai, avec une installation comme illustré à la Figure 15.



IEC 766/10

NOTE Le matériel anéchoïque placé sur le plan de sol sert uniquement à des fins d'illustration. Consulter la CISPR 16-1-4 pour des indications plus détaillées concernant la mise en place de l'absorbant, afin de satisfaire aux exigences de validation du site.

Figure 15 – 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 15.

- Volume d'essai validé: le volume évalué au cours de la procédure de validation du site (CISPR 16-1-4). Généralement, cela permet de déterminer le matériel en essai du diamètre le plus grand pouvant être mesuré sur le site d'essai.
- Matériel en essai (volume): cylindre du plus petit diamètre qui englobera complètement toutes les parties du matériel en essai réel, y compris les supports des câbles et une longueur minimale de 30 cm de câbles. Le matériel en essai qui est situé dans ce cylindre doit pouvoir tourner autour de son axe (généralement par un plateau tournant télécommandé). Le matériel en essai 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 absorbants sur le sol, uniquement lorsque le matériel en essai est posé sur le sol et ne peut pas être élevé au-dessus des absorbants (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 et le point de référence de l'antenne de réception.
- w : Dimension de la droite tangente au matériel en essai formée par $\theta_{3\text{ dB}}$ à la distance de mesure, d . L'Equation (9) 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:

$$w = 2d \tan(0,5 \theta_{3\text{ dB}}) \quad (9)$$

w doit avoir la dimension minimale spécifiée au Tableau 3.

- h : Hauteur de l'antenne de réception, mesurée entre son point de référence et le sol.

Le Tableau 3 spécifie la dimension minimale acceptable pour w ($w_{\min}$). Les exigences minimales énoncées dans le Tableau 3 sont calculées à partir de l'Equation (9) basée sur les essais effectués à la distance de mesure minimale autorisée de 1 m spécifiée en 7.6.2, et sur les valeurs de $\theta_{3\text{ dB}(\min)}$ présentées. La sélection de la distance de mesure d et du type d'antenne doit être effectuée de telle sorte que w soit égale ou supérieure aux valeurs indiquées dans le Tableau 3 à toutes les fréquences où le champ est mesuré. Aux fréquences non indiquées dans le Tableau 3, la limite de $w_{\min}$ doit être interpolée linéairement entre les deux fréquences énoncées les plus proches. Le Tableau 4 fournit des exemples de valeurs de w calculées en utilisant l'Equation (9) 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 du matériel en essai (angle de 0° à 360°). Les exigences relatives à la scrutation en hauteur sont spécifiées ci-dessous et illustrées à la Figure 16 pour deux catégories types de matériels en essai.

Tableau 3 – 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

NOTE 1 La dimension w peut être supérieure à la dimension minimale indiquée, et d'autres antennes et distances peuvent être utilisées pour satisfaire à la valeur minimale requise de $w = w_{\min}$ indiquée, à condition que l'Équation (9) soit satisfaite.

NOTE 2 Dans la mesure où il est nécessaire de mesurer les deux polarisations, pour chaque hauteur de l'antenne de réception, w forme une zone minimale d'observation carrée égale à w^2 (m^2).

NOTE 3 Dans certains cas, w peut englober plusieurs composants physiques du matériel en essai qui sont séparés physiquement. Par exemple, plusieurs boîtiers distincts d'un système de boîtiers multiples qui sont soumis à l'essai simultanément.

NOTE 4 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 énoncées.

NOTE 5 Le diagramme et la largeur de faisceau de l'antenne utilisée peuvent affecter le résultat de la 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 pouvant être captées par la largeur de faisceau de l'antenne, provenant (par construction) de localisations physiques distinctes sur le matériel en essai.

Tableau 4 – Exemples de valeurs de w pour trois types d'antenne

Fréquence GHz	$\theta_{3 \text{ dB}}$ °	Corno DRG			$\theta_{3 \text{ dB}}$ °	LPDA ou LPDA-V ^a		
		$d = 1 \text{ m}$	$d = 3 \text{ m}$	$d = 10 \text{ m}$		$d = 1 \text{ m}$	$d = 3 \text{ m}$	$d = 10 \text{ m}$
		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: antenne log-périodique de type V. Les valeurs énoncées pour $\theta_{3 \text{ dB}}$ et w sont des valeurs types à la fois du LPDA et du LPDA-V. Toutefois ces antennes possèdent typiquement un gain différent.

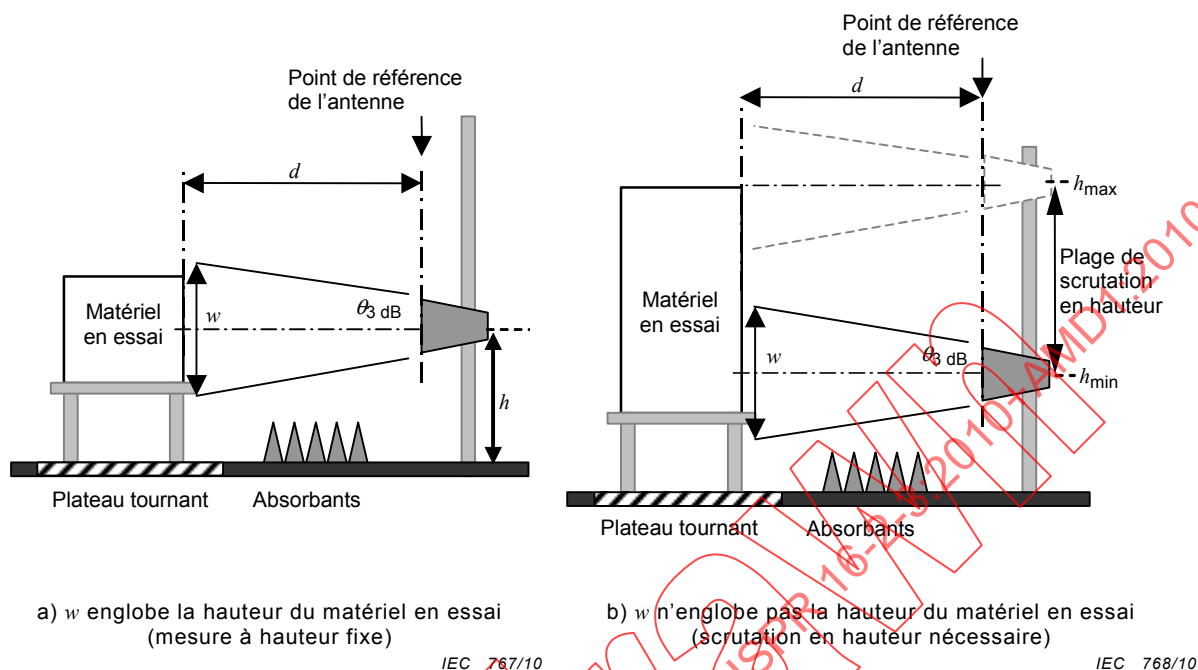


Figure 16 – Illustration des exigences relatives à la scrutation en hauteur pour deux catégories différentes de matériels en essai

Pour tout matériel en essai 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 du matériel en essai (Figure 16a)). Pour tout matériel en essai 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 illustré à la Figure 16 b). La plage de scrutation requise pour h est comprise entre 1 m et 4 m. Si la hauteur du matériel en essai est inférieure à 4 m, il n'est pas nécessaire d'effectuer une scrutation du centre de l'antenne de réception à des hauteurs supérieures à la partie supérieure du matériel en essai. Dans les deux cas, la hauteur fixe, h , ou la plage des hauteurs analysées doit être consignée dans le rapport d'essai.

NOTE Lorsqu'une scrutation en hauteur est exigée par l'alinéa précédent, une scrutation continue en hauteur dans la plage des hauteurs requise 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.

Concernant l'étendue horizontale de w , il n'est pas nécessaire que le matériel en essai soit complètement inclus dans w . Dans les cas où la largeur du matériel en essai est supérieure à w , le matériel en essai doit être centré horizontalement sur l'axe de mesure, et la rotation du matériel en essai 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 nécessaire, mais peut être utilisée si elle est spécifiée dans une norme de produits.

7.6.6.2 Mesures utilisant des détecteurs classiques (non statistiques)

7.6.6.2.1 Procédure générale de mesure

Pour tout matériel en essai, il convient d'abord de détecter les fréquences d'émission par une maximisation préliminaire des émissions (voir 7.6.6.2.2). L'essai final d'émission est réalisé ensuite (voir 7.6.6.2.3). Ces deux mesures doivent être effectuées de préférence à la distance limite spécifique. Si, pour une raison justifiée, la mesure finale est effectuée à une autre distance que celle correspondant à la distance limite, il convient d'abord d'effectuer une

mesure à la distance limite, afin de faciliter l'interprétation des données résultantes ~~en cas de litige.~~

Lors de la réalisation de ces mesures, la sensibilité de l'appareil de mesure par rapport à la limite doit être déterminée avant l'essai. Si la sensibilité globale de la 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 du matériel en essai doit être prise en compte. En outre, lorsque des préamplificateurs sont utilisés, les niveaux de saturation du système de mesure doivent être déterminés comme appropriés.

La protection contre la saturation et la destruction de l'instrumentation de mesure est nécessaire 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 tous autres dispositifs, aux fréquences de mesure, doit être connue et comprise dans 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 atténuateur de 10 dB à l'entrée de l'appareil de mesure (avant tout préamplificateur si l'on en utilise un) 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 de mesure préliminaire

Les procédures définies dans le présent paragraphe sont fournies à des fins informatives – les exigences de mesure normatives sont énumérées en 7.6.6.2.3. L'émission rayonnée maximale pour un mode de fonctionnement donné peut être déterminée pendant un essai préliminaire. Afin de réduire la durée de mesure, il est proposé d'effectuer en premier lieu des mesures en utilisant une détection de crête, puis de comparer les résultats d'essai à la limite moyenne. Les mesures suivantes avec le détecteur de valeur moyenne et la comparaison des résultats à la limite moyenne ne seront effectuées que dans les gammes de fréquences où la limite moyenne a été dépassée par les données recueillies avec la détection de crête.

Les principes directeurs pour une procédure préliminaire visant à identifier les émissions rayonnées sont les suivants.

- Utiliser le mode scrutation ou balayage sur la totalité de la gamme de fréquences de l'antenne en utilisant la détection de crête et le mode « Maintien du maximum ».
- Il convient de déterminer la durée de balayage ou de scrutation appropriée afin d'assurer une interception adéquate du signal.
- Si nécessaire, pendant les essais préliminaires, la largeur de bande de résolution peut être réduite en mode balayage afin de réduire par ailleurs le niveau de bruit affiché de l'analyseur de spectre ou du récepteur. A noter que ceci peut réduire l'amplitude des émissions à large bande; de ce fait, des recherches complémentaires peuvent s'avérer nécessaires afin de déterminer si les émissions sont à large bande ou à bande étroite.
- Faire tourner le matériel en essai de façon continue ou par paliers de 15° ou moins, puis répéter l'opération pour l'autre polarisation. Il convient de soumettre le matériel en essai à une rotation de 360° en azimut pour les deux polarisations afin de déterminer les émissions maximales à chaque fréquence concernée.
- En mode rotation en continu du plateau tournant, il convient de régler la durée de balayage de l'analyseur de spectre 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 de l'analyseur de spectre, il convient d'utiliser une gamme de fréquences plus petite afin de réduire la durée de balayage de l'analyseur de spectre et de réaliser la rotation du plateau tournant de 15° au maximum par balayage.

- f) Si son utilisation est nécessaire pour identifier les fréquences des émissions maximales, la méthode décrite ci-dessus peut être appliquée pour tous les niveaux de hauteur requis par 7.6.6.1 (et la Figure 16), ainsi que pour les différents modes de fonctionnement du matériel en essai.
- 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.

7.6.6.2.3 Procédure finale de mesure

L'amplitude du champ émis par le matériel en essai à la distance de mesure spécifiée est mesurée dans la configuration (hauteur d'antenne, orientation azimut du matériel en essai, etc.) qui produit l'émission maximale, telle que déterminée lors de la maximisation préliminaire de l'émission (l'antenne de réception étant alignée avec cette émission maximale). Les mesures finales doivent être effectuées suivant le mode opérationnel du matériel en essai identifié par les mesures préliminaires comme produisant les émissions les plus élevées.

Cette mesure finale doit être le résultat d'un maintien du maximum sur l'analyseur de spectre 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 mesures finales doivent être effectuées en utilisant tous les détecteurs requis. On peut également utiliser les résultats des mesures en crête pour démontrer la conformité à toutes les limites spécifiées.

Si la configuration du matériel en essai (hauteur d'antenne, azimut du matériel en essai, mode de fonctionnement, etc.) produisant l'émission maximale n'a pas été déterminée de manière conclusive par une mesure préliminaire, les mesures complémentaires indiquées ci-dessous doivent être effectuées:

- a) Pour tout matériel en essai 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 16 a)].
- b) Pour tout matériel en essai 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.
- c) Dans tous les cas, afin de déterminer les émissions maximales, le matériel en essai doit effectuer une rotation en azimut sur toute la plage d'angles compris entre 0° et 360°, et les mesures doivent être effectuées pour les polarisations horizontale et verticale.

En résumé, les exigences relatives aux mesures finales au-dessus de 1 GHz sont les suivantes:

Les émissions maximales doivent être enregistrées à partir des recherches requises suivantes, certaines d'entre elles pouvant être réalisées pendant la procédure de mesure préliminaire.

- 1) Le matériel en essai doit effectuer une rotation en azimut selon un angle de 0° à 360°, soit par un plateau tournant, soit par le mouvement de l'antenne de réception autour du volume.
- 2) Une scrutation en hauteur de l'antenne de réception doit être effectuée si la hauteur du matériel en essai est supérieure à w dans la direction verticale.
- 3) Les polarisations horizontale et verticale doivent être analysées.

7.6.6.3 Mesures à l'aide de la fonction (statistique) DPA

7.6.6.3.1 Généralités

La mesure de la distribution de probabilité d'amplitude (DPA) d'un signal perturbateur fournit une caractérisation statistique du signal perturbateur concerné. Le contexte général sur l'application de la fonction de mesure de DPA est fourni en 4.6 de la CISPR 16-3 [2]. Un comité de produits peut choisir la mesure de DPA comme méthode à utiliser pour les essais relatifs aux émissions finales. La mesure de DPA doit être réalisée aux fréquences où 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 des produits.

La mesure de DPA doit être réalisée 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 seconde 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 d'illustrer 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 crête conjointement aux limites de DPA.

7.6.6.3.2 Méthode 1 – Mesure du niveau de perturbation

Cette mesure doit être réalisée en appliquant la procédure suivante:

- 1) Régler la largeur de bande de résolution (RBW) et la largeur de bande vidéo (VBW) de l'analyseur de spectre conformément à la CISPR 16-1-1 (pour les mesures 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, une mesure 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 la mesure de DPA peut également être spécifié par le comité de produits.

- 3) Déterminer les fréquences pour la mesure 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 maximum 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 la mesure qui est spécifiée par le comité de produits. La durée de la 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 gamme de fréquences XX (en MHz) sur laquelle les DPA de la perturbation doivent être mesurées. Les mesures de DPA dans la gamme de fréquences XX MHz doivent être réalisées avec un pas d'incrément de fréquence de 1 MHz. Cependant, dans les gammes de fréquences où les valeurs de mesures de DPA sont supérieures de -6 dB à la limite de DPA, des mesures complémentaires peuvent s'avérer nécessaires avec un pas d'incrément de fréquence plus petit (par exemple 0,5 MHz). Le comité de produits doit définir le pas d'incrément de fréquence inférieur.

- 7) Changer 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 mesures de DPA soient effectuées 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($\mu\text{V}/\text{m}$). Le matériel en essai est conforme si E_{meas} est inférieur ou égal à E_{limit} à toutes les fréquences.

7.6.6.3.3 Méthode 2 – Mesure de la probabilité de durée

Cette mesure doit être réalisée en appliquant la procédure suivante:

Les étapes 1), 2), 3), 4), 5) et 7) de la Méthode 2 sont similaires aux 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 des 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} . Le matériel en essai est conforme si p_{meas} est inférieur ou égal à p_{limit} à toutes les fréquences.

7.6.7 Incertitude de mesure de la chambre entièrement anéchoïque

Les éléments généraux et fondamentaux à prendre en compte concernant les incertitudes des mesures des émissions sont mentionnés dans la CISPR 16-4-1.

7.7 Mesures *in situ* (9 kHz à 18 GHz)

7.7.1 Applicabilité et préparation à des mesures *in situ*

Des mesures *in situ* peuvent être nécessaires pour l'étude d'un problème de perturbation en un lieu particulier, c'est-à-dire lorsque l'on soupçonne un matériel électrique de provoquer des brouillages de la réception radio dans son environnement immédiat. Si la norme de produits applicable le permet, des mesures *in situ* peuvent être effectuées pour l'évaluation de la conformité, dans les cas où les mesures d'émissions rayonnées ne peuvent pas être effectuées, pour des raisons techniques, sur un site d'essai normalisé. Des dimensions et/ou un poids excessifs du matériel en essai, ou des coûts trop élevés de la connexion du matériel en essai à son infrastructure pour des mesures sur un site d'essai normalisé, constituent les motifs techniques conduisant à des mesures *in situ*. Les résultats de mesure *in situ* d'un type de matériel en essai donné varient normalement d'un site à l'autre ou diffèrent des résultats obtenus sur un site d'essai normalisé, et ne peuvent, en conséquence, pas être utilisés pour des essais de type.

NOTE 1 En général, toutefois, les imperfections telles que le couplage réciproque 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 cependant pas remplacer complètement les mesures effectuées sur un site d'essai

approprié [site d'essai en espace libre ou site d'essai alternatif, par exemple chambre (semi-)anéchoïque] comme décrit dans la CISPR 16-1-4.

Le matériel en essai comporte habituellement un ou plusieurs éléments et/ou systèmes, et fait partie intégrante d'une installation ou est relié à une installation. Le périmètre reliant les parties extérieures du matériel en essai est généralement pris comme point de référence qui permet de 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 perturbation (par exemple, oscillateurs) du matériel en essai. 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 le matériel en essai produit les champs perturbateurs les plus élevés. Les mesures suivantes doivent être effectuées avec le matériel en essai fonctionnant dans ces modes.

NOTE 2 Lorsque le matériel en essai constitue une partie d'un ensemble et que son fonctionnement ne peut être indépendant du fonctionnement des autres parties, 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 du matériel en essai à une distance approximativement identique pour chaque fréquence choisie afin de déterminer la direction du champ perturbateur le plus élevé. Il convient que les mesures sur le matériel en essai soient effectuées 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 Mesures du champ électromagnétique *in situ* dans la gamme 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 maximum avec le matériel en essai fonctionnant dans le mode créant le champ perturbateur le plus élevé.

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, 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.

NOTE Pour la mesure 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 électrique 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 maximale.

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 produits ou la norme générique, il convient d'effectuer les mesures à des distances inférieures ou supérieures à la distance de mesure normalisée dans la direction du rayonnement maximum. Au moins trois mesures doivent être effectuées 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) des mesures 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 Mesures d'amplitude du champ *in situ* dans la gamme 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 maximum à la distance normalisée avec le matériel en essai 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 mesures effectuées dans la gamme de fréquences jusqu'à 200 MHz et des antennes log-périodiques pour les mesures effectuées dans la gamme de fréquences au-dessus de 200 MHz. Il convient que la distance entre l'antenne de mesure et tous 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 produits ou la norme générique. En cas d'impossibilité de respecter la distance de mesure normalisée, la mesure de l'amplitude du champ perturbateur doit être effectuée à des distances différentes comme il est décrit en 7.7.2.2. Un balayage en hauteur de l'antenne doit être effectué pour chaque mesure. 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 mesures 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 des mesures doivent être ramenés à la distance normalisée à l'aide de l'Équation (10).

$$E_{\text{std}} = E_{\text{meas}} + 20 n \log \frac{d_{\text{meas}}}{d_{\text{std}}} \quad (10)$$

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

NOTE La valeur $n < 1$ tient compte de la différence entre la distance de mesure et la distance par rapport au matériel en essai.

Les distances de mesures inférieures à 3 m ne doivent pas être utilisées.

S'il n'est pas possible d'effectuer des mesures à des distances différentes et si l'Équation (10) 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 la mesure de la puissance perturbatrice rayonnée (voir 7.7.4).

7.7.4 Mesure *in situ* de la puissance perturbatrice efficace 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, le matériel en essai peut être déconnecté et enlevé pour la substitution.

Si le matériel en essai ne peut pas être enlevé, et si sa face avant est une grande surface plane, l'influence de cette surface sur la méthode de substitution doit être prise en compte [voir Équation (12)]. Si la face avant du matériel en essai ne rentre pas dans un plan bidimensionnel dans la direction de mesure, l'incertitude de mesure supplémentaire n'est pas prise en considération.

Si le matériel en essai ne peut être déconnecté, une mesure 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 du matériel en essai 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 Gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

7.7.4.2.1 Distance de mesure

La distance de mesure choisie doit être telle que la mesure est effectuée en champ lointain. Cette exigence est en général satisfaite si: