

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance
characteristics – Limits and methods of measurement**

**Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de
perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10

ISBN 978-2-8322-3435-8

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

FOREWORD

This amendment has been prepared by CISPR Subcommittee B: Interference relating to industrial, scientific and medical radio-frequency apparatus, to other (heavy) industrial equipment, to overhead power lines, to high voltage equipment and to electric traction.

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

CDV	Report on voting
CISPR/B/627/CDV	CISPR/B/639A/RVC

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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

This Amendment introduces the fully-anechoic room (FAR) for measurements of the disturbance field strength in the range 30 MHz to 1 GHz on equipment in the scope of CISPR 11.

It contains the complete set of requirements for measurement of radiated disturbances from equipment fitting into the validated test volume of a given FAR. It specifies a separation distance of 3 m and restricts use of the FAR to measurements on table-top equipment.

At the moment the FAR can be used:

- for measurements on table-top equipment fitting into the validated test volume of the given FAR,
- for a separation distance of 3 m only, and
- if the FAR was validated according to CISPR 16-1-4.

The limits for class A and class B group 1 equipment in this CDV base on the limits in the generic emission standards IEC 61000-6-3:2006/AMD 1 (2010) and IEC 61000-6-4:2006/AMD 1 (2010). The limits for class A and class B group 2 equipment were derived using the same approximation formula as used when deriving the limits for the generic emission standards in mid of the years 2000 to 2010. CISPR/H/104/INF, published in 2005, gives detailed explanations how these limits for the FAR were derived.

More detailed background information is still found in CISPR/B/627/CDV.

CISPR/B WG1 in October 2015

3 Terms and definitions

Add, after the existing definition 3.19, the following new terms and definitions:

3.20

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

3.21

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

Note 1 to entry: An OATS typically is located outdoors in an open area, and has an electrically-conducting ground plane.

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-ups

6.1 General

Add, at the end of the existing text, the following new paragraph:

Where this standard gives options for testing particular requirements with a choice of test methods, compliance can be shown against any of the test methods, using the specified limits with the restrictions provided in the relevant tables. In any situation where it is necessary to retest the equipment, the test method originally chosen should be used in order to ensure consistency of the results.

6.2.2.3 Frequency range 150 kHz to 1 GHz

Replace, in the existing 4th paragraph of this subclause, the first sentence by the following new sentence:

On an open-area test site (OATS) or in a semi-anechoic chamber (SAC), class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m (see information in Table 6), and class B equipment at a nominal distance of 3 m or 10 m (see information in Table 7).

In a fully-anechoic room (FAR) class A or class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m (see information in Table 6 and Table 7), provided that the EUT fits into the validated test volume of the given FAR. In conjunction with measurements according to this standard, use of the FAR is restricted to table-top equipment.

Replace the existing table by the following:

Table 6 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class A group 1 equipment measured on a test site

Frequency range MHz	OATS or SAC				FAR	
	10 m measuring distance rated power of		3 m measuring distance ^b rated power of		3 m measuring distance ^{b,c} rated power of	
	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}
	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)
30 – 230	40	50	50	60	52 decreasing linearly with logarithm of frequency to 45	62 decreasing linearly with logarithm of frequency to 55
230 – 1 000	47	50	57	60	52	55

On an OATS or in a SAC, class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m. In case of measurements at a separation distance of 30 m, an inverse proportionality factor of 20 dB per decade shall be used to normalize the measured data to the specified distance for determining compliance.

At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.

In the frequency range 30 MHz to 230 MHz, the limit for measurements in the FAR decreases linearly with the logarithm of frequency.

^a These limits apply to equipment with a rated power of > 20 kVA and intended to be used at locations where there is a distance greater than 30 m between the equipment and third party sensitive radio communications. The manufacturer shall indicate in the technical documentation that this equipment is intended to be used at locations where the separation distance to third party sensitive radio services is > 30 m. If these conditions are not met, then the limits for ≤ 20 kVA apply.

^b The 3 m separation distance applies only to small size equipment meeting the size criterion defined in 3.17.

^c The table-top equipment shall fit into the validated test volume of the FAR.

^d Selection of the appropriate set of limits shall be based on the rated a.c. power stated by the manufacturer.

Table 7 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class B group 1 equipment measured on a test site

Replace the existing table by the following:

Table 7 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class B group 1 equipment measured on a test site

Frequency range MHz	OATS or SAC		FAR
	10 m measuring distance	3 m measuring distance ^a	3 m measuring distance ^{a,b}
	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)
30 – 230	30	40	42 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 35
230 – 1 000	37	47	42
On an OATS or in a SAC, class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m or 10 m. At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.			
^a The 3 m separation distance applies only to <i>small size equipment</i> meeting the size criterion defined in 3.17.			
^b The table-top equipment shall fit into the validated test volume of the FAR.			

6.3.2.3 Frequency range 150 kHz to 1 GHz

Replace the existing 9th and 10th paragraph of this subclause by the following new paragraphs:

On an open-area test site (OATS) or in a semi-anechoic chamber (SAC), class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m, and class B equipment at a nominal distance of 3 m or 10 m (see Tables 10 and 12).

In the frequency range 30 MHz to 1 GHz, a measuring distance of 3 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.17.

Add, before the existing Table 10, the following new paragraphs:

In a fully-anechoic room (FAR) class A or class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, provided that the EUT fits into the validated test volume of the given FAR. In conjunction with measurements according to this standard, use of the FAR is restricted to table-top equipment.

For group 2 class A or B equipment other than EDM or arc welding, measurements in the FAR in the range 30 MHz to 1 GHz shall be supplemented by measurement of the magnetic component of the disturbance field strength in the range 150 kHz to 30 MHz, at an OATS or in a SAC, see also footnote b in Table 10 and footnote c in Table 12.

Replace the existing table by the following:

Table 10 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class A group 2 equipment measured on a test site

Frequency range MHz	OATS or SAC						FAR
	Limits for a measuring distance <i>D</i> in m						
	<i>D</i> = 30 m		<i>D</i> = 10 m		<i>D</i> = 3 m ^a		<i>D</i> = 3 m ^{a, b}
	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)
0,15 – 0,49	–	33,5	–	57,5	–	82	–
0,49 – 1,705	–	23,5	–	47,5	–	72	–
1,705 – 2,194	–	28,5	–	52,5	–	77	–
2,194 – 3,95	–	23,5	–	43,5	–	68	–
3,95 – 11	–	8,5	–	18,5	–	68 decreasing linearly with logarithm of frequency to 28,5	–
11 – 20	–	8,5	–	18,5	–	28,5	–
20 – 30	–	–1,5	–	8,5	–	18,5	–
30 – 47	58	–	68	–	78	–	80 to 78
47 – 53,91	40	–	50	–	60	–	60
53,91 – 54,56	40	–	50	–	60	–	60
54,56 – 68	40	–	50	–	60	–	60 to 59
68 – 80,872	53	–	63	–	73	–	72
80,872 – 81,848	68	–	78	–	88	–	87
81,848 – 87	53	–	63	–	73	–	72 to 71
87 – 134,786	50	–	60	–	70	–	68 to 67
134,786 – 136,414	60	–	70	–	80	–	77
136,414 – 156	50	–	60	–	70	–	67 to 66
156 – 174	64	–	74	–	84	–	80
174 – 188,7	40	–	50	–	60	–	56
188,7 – 190,979	50	–	60	–	70	–	66
190,979 – 230	40	–	50	–	60	–	56 to 55
230 – 400	50	–	60	–	70	–	65
400 – 470	53	–	63	–	73	–	68
470 – 1 000	50	–	60	–	70	–	65

On an OATS or in a SAC, class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m. A measuring distance less than 10 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.17. At the transition frequency, the more stringent limit shall apply. In certain frequency ranges, the limit for measurements in the FAR decreases linearly with the logarithm of frequency.

^a In the frequency range 30 MHz to 1 GHz, the 3 m separation distance applies only to *small size equipment* meeting the size criterion defined in 3.17.

^b The table-top equipment shall fit into the validated test volume of the FAR. In the range below 30 MHz, such group 2 equipment shall be measured at an OATS or in a SAC (see limits in the respective magnetic field column in this table).

Table 11 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class A EDM and arc welding equipment measured on a test site

Replace the existing table by the following:

**Table 11 – Electromagnetic radiation disturbance limits
for class A EDM and arc welding equipment measured on a test site**

	OATS or SAC		FAR
Frequency range MHz	10 m measuring distance	3 m measuring distance ^a	3 m measuring distance ^{a,b}
	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)	Quasi-peak dB(μV/m)
30 – 230	80	90	102
	Decreasing linearly with logarithm of frequency to 60	Decreasing linearly with logarithm of frequency to 70	Decreasing linearly with logarithm of frequency to 75
230 – 1 000	60	70	75

On an OATS or in a SAC, class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m. In case of measurements at a separation distance of 30 m, an inverse proportionality factor of 20 dB per decade shall be used to normalize the measured data to the specified distance for determining compliance.

^a The 3 m separation distance applies only to *small size equipment* meeting the size criterion defined in 3.17.

^b The table-top equipment shall fit into the validated test volume of the FAR.

Table 12 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class B group 2 equipment measured on a test site

Replace the existing table by the following:

Table 12 – Electromagnetic radiation disturbance limits for class B group 2 equipment measured on a test site

Frequency range MHz	OATS or SAC					FAR	
	Limits for a measuring distance D in m						
	$D = 10$ m		$D = 3$ m ^b		$D = 3$ m	$D = 3$ m ^c	
	Electric field				Magnetic field	Electric field	
	Quasi-peak	Average ^a	Quasi-peak	Average ^a	Quasi-peak	Quasi-peak	Average ^a
	dB(μV/m)		dB(μV/m)		dB(μA/m)	dB(μV/m)	
0,15 – 30	–	–	–	–	39 Decreasing linearly with the logarithm of frequency to 3		
30 – 80,872	30	25	40	35	–	42 to 39	37 to 34
80,872 – 81,848	50	45	60	55	–	59	54
81,848 – 134,786	30	25	40	35	–	39 to 37	34 to 32
134,786 – 136,414	50	45	60	55	–	57	52
136,414 – 230	30	25	40	35	–	37 to 35	32 to 30
230 – 1 000	37	32	47	42	–	42	37
On an OATS or in a SAC, class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m or 10 m.							
At the transition frequency, the more stringent limit shall apply. In certain frequency ranges, the limit for measurements in the FAR decrease linearly with the logarithm of frequency.							
^a The average limits apply to magnetron driven equipment and microwave ovens only. If magnetron driven equipment or microwave ovens exceed the quasi-peak limit at certain frequencies, then the measurement shall be repeated at these frequencies with the average detector and the average limits specified in this table apply.							
^b In the frequency range 30 MHz to 1 GHz, the 3 m separation distance applies only to <i>small size equipment</i> meeting the size criterion defined in 3.17.							
^c The table-top equipment shall fit into the validated test volume of the FAR. In the range below 30 MHz, such group 2 equipment shall be measured at an OATS or in a SAC (see limits in the respective magnetic field column in this table).							

7.3.4.2 Frequency range from 30 MHz to 1 GHz

Replace the existing text of this subclause by the following new text and subclauses:

7.3.4.2.1 General

In the frequency range from 30 MHz to 1 GHz the antenna used shall be as specified in CISPR 16-1-4.

Other antennas may be used provided the results can be shown to be within ± 2 dB of the results which would have been obtained using a balanced dipole antenna.

7.3.4.2.2 Open-area test site (OATS) and semi-anechoic chamber (SAC)

For measurements on an OATS or in a SAC, the centre of the antenna shall be varied between 1 m and 4 m height for maximum indication at each test frequency. The nearest point of the antenna to the ground shall be not less than 0,2 m. Measurements shall be performed with the antenna oriented in both, horizontal and subsequently in vertical polarization.

7.3.4.2.3 Fully-anechoic room (FAR)

For measurements in a FAR, the antenna height is fixed at the geometrical middle height of the validated test volume. Measurements shall be performed with the antenna oriented in both, horizontal and subsequently in vertical polarization.

7.3.4.2.4 Other sites

For measurements *in situ*, the centre of the antenna shall be fixed at $(2,0 \pm 0,2)$ m height above the ground.

7.5.1 General

Replace the entire text of this subclause, including Figures 3 and 4, by the following new text and figures:

7.5.1 General

Consistent with typical applications of the equipment under test, the level of the disturbance shall be maximized by varying the configuration of the equipment. An example of a typical setup for measurements of radiated disturbances from a table-top EUT is provided in Figure 3. The measurement arrangement shall be typical of normal installation practice and centred to the turntable's vertical axis.

NOTE 1 The extent to which this subclause is applicable to the measurement of an installation *in situ* will depend on the flexibility inherent in each particular installation. The provisions of this subclause apply to *in situ* measurements in so far as a particular installation allows for the position of cables to be varied and different units within the installation to be operated independently, the extent to which the position of the installation can be moved within the premises, etc.

For measurement of radiated disturbances on an OATS or in a SAC with a separation distance of 3 m the assessment of the radiation from the cabling of the EUT shall be restricted to those fractions of interconnecting cables (see 7.5.2) and mains cables (see 7.5.3) which are within the test volume not exceeding 1,2 m diameter times 1,5 m height above ground.

For the measurement of radiated disturbances in a FAR, all cables dropping to the floor shall be visible from the position of the antenna reference point for at least 80 cm, see Figure 3b.

Peripheral equipment not fitting into the test volume shall be excluded from the measurements or decoupled from the test environment. If cables to peripheral equipment cannot be extended to run out of test volume, then the peripheral equipment shall be placed within the imaginary circle around the complete configuration of the EUT.

The measuring distance is defined from the reference point of the antenna to the boundaries of an imaginary circle around the complete configuration of the EUT, see Figure 3a.

NOTE 2 Restriction of radiation assessment to the cable fractions inside the test volume can be achieved for example by application of CMADs at the cables at the position where they leave the test volume. CISPR 16-2-3 gives further guidance on the application of CMADs.

Dimensions in metres

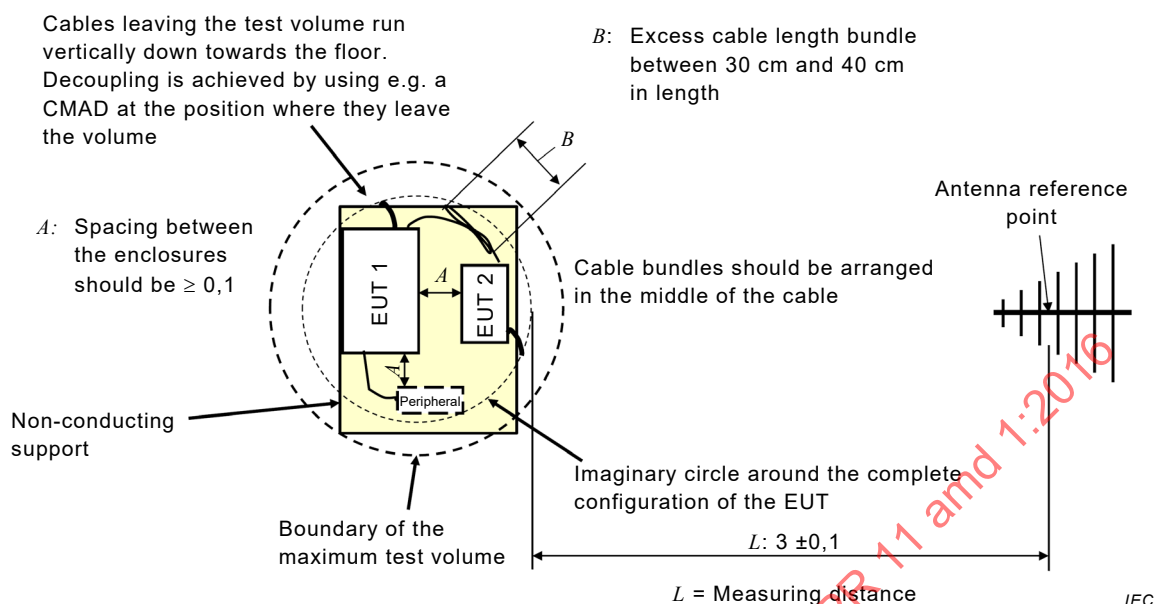


Figure 3a – Top view

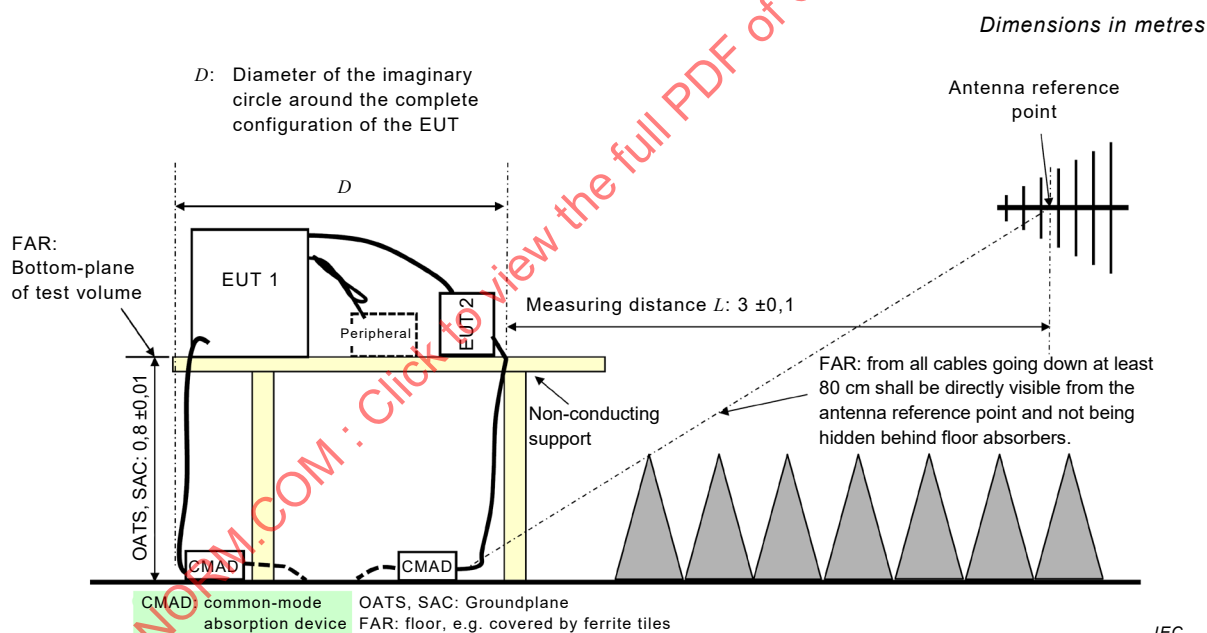


Figure 3b – Side view

Figure 3 – Example for a typical cable arrangement for measurements of radiated disturbances in 3 m separation distance, Table-top EUT

An example of a typical unified test set up for floor standing equipment suitable for measurement of conducted as well as radiated disturbances is shown in Figure 4. Further examples of typical arrangements of the EUT and associated peripherals are given in CISPR 16-2-3 and CISPR 16-2-1.

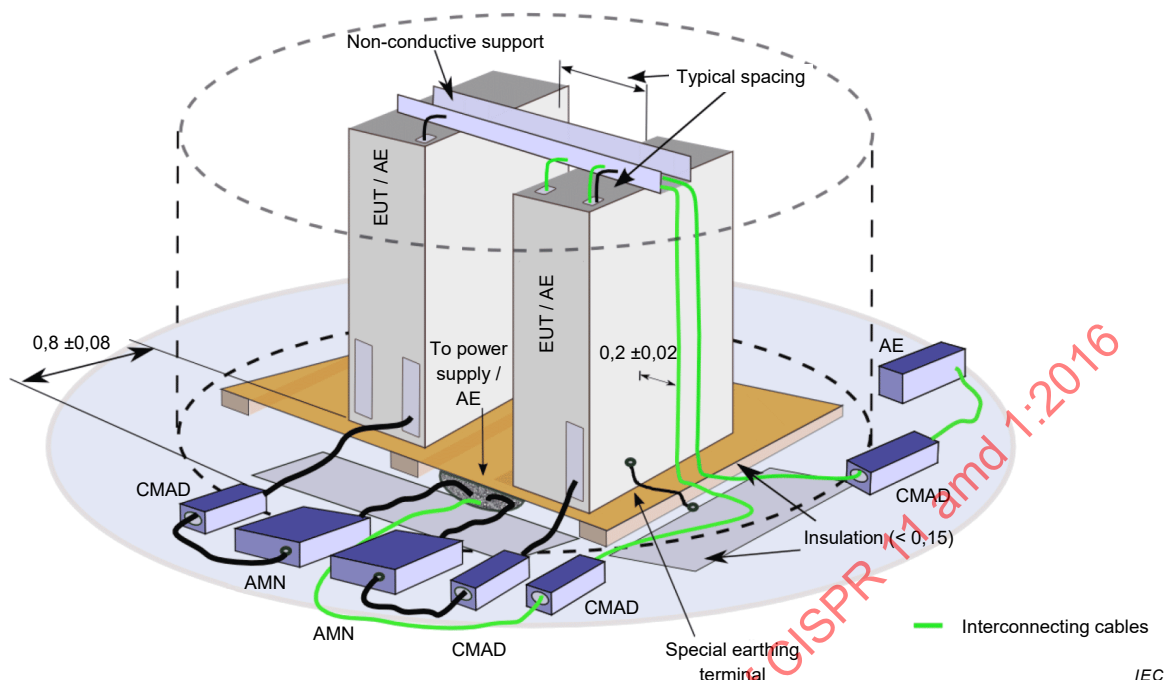


Figure 4 – Example for a typical test set up for measurement of conducted and/or radiated disturbances from a floor standing EUT, 3D view

The configuration of the equipment under test, including the exact placement of the CMAD and the type of test site used for the measurement, shall be documented in the test report.

8.1 Ground planes

Replace, in the first existing paragraph, the first sentence by the following new sentence:

For the measurement of radiated disturbances at an open-area test site (OATS) and in a semi-anechoic chamber (SAC) and for the measurement of conducted disturbances on any test site, a ground plane shall be used.

Replace, in the second existing paragraph, the first sentence by the following new sentence:

A ground plane shall be used for the measurement of radiated disturbances, at an OATS and in a SAC, and for the measurement of conducted disturbances, at any test site.

8.2.1 General

Replace the existing second paragraph of this subclause by the following new paragraph:

The measurement of conducted disturbances may be carried out:

- on an OATS or in a SAC with the equipment under test having the same configuration as used during the radiation measurement;
- above a metal ground plane; or
- within a screened room. Either the floor or one wall of the screened room shall act as the reference ground plane.

8.3 Radiation test site for 9 kHz to 1 GHz

Replace the existing title of this subclause by the following new title:

8.3 OATS and SAC for measurements in the range 9 kHz to 1 GHz

8.4 Alternative radiation test sites for the frequency range 30 MHz to 1 GHz

Replace, in the first existing paragraph, "5.2.6 of CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012" by "5.3 of CISPR 16-1-4:2010/AMD 1:2012".

Add, after the existing text 8.4, the following new subclause:

8.5 FAR for measurements in the range 30 MHz to 1 GHz

A fully-anechoic room (FAR) used for measurement of radiated disturbances in the frequency range 30 MHz to 1 GHz shall comply with the requirements in CISPR 16-1-4.

The use of the FAR is restricted to table-top equipment. The size of the EUT suitable to be measured in a FAR is limited by the validated test volume of the given FAR. The test volume of the FAR is validated according to CISPR 16-1-4, and documented in the site validation report.

NOTE For measurements at 3 m separation distance, this validated test volume will likely limit the applicability of the FAR to small size equipment, see definition 3.17.

For measurements in the FAR, the test setup shall be, as far as applicable, the same as described in Clause 8.3 for measurements on an OATS or in a SAC. Further information on performance of emission measurements in a FAR in the range 30 MHz to 1 GHz is found in 7.4 of CISPR 16-2-3:2010/AMD 2:2014.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 11 and 1:2016

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité B du CISPR: Perturbations relatives aux appareils industriels, scientifiques et médicaux à fréquences radioélectriques, aux autres appareils de l'industrie lourde, aux lignes à haute tension, aux appareils à haute tension et aux appareils de traction électrique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
CISPR/B/627/CDV	CISPR/B/639A/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

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

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

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

Introduction à l'Amendement 1

Le présent Amendement introduit la chambre totalement anéchoïque (FAR – fully-anechoic room), destinée aux mesures du champ perturbateur dans la bande de 30 MHz à 1 GHz sur les appareils relevant du domaine d'application de la CISPR 11.

Il contient l'ensemble des exigences de mesure des perturbations rayonnées provenant des appareils entrant dans le volume d'essai validé d'une chambre totalement anéchoïque donnée. Il spécifie une distance de séparation de 3 m et limite l'utilisation de la chambre totalement anéchoïque aux mesures réalisées sur un appareil de table.

Actuellement, la chambre totalement anéchoïque peut être utilisée:

- pour les mesures réalisées sur un appareil de table entrant dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque donnée,
- pour une distance de séparation de 3 m uniquement, et

- si la chambre totalement anéchoïque a été validée selon la CISPR 16-1-4.

Les limites pour les appareils de classe A et de classe B, groupe 1, du présent CDV s'appuient sur les limites indiquées dans les normes génériques sur les émissions IEC 61000-6-3:2006/AMD 1 (2010) et IEC 61000-6-4:2006/AMD 1 (2010). Les limites pour les appareils de classe A et de classe B, groupe 2, ont été déduites à l'aide de la même formule d'approximation que celle utilisée pour déduire les limites des normes génériques sur les émissions entre 2000 et 2010. La CISPR/H/104/INF, publiée en 2005, donne des explications détaillées sur la manière de déduire ces limites pour la chambre totalement anéchoïque.

La CISPR/B/627/CDV donne des informations de base plus détaillées.

CISPR/B WG1 en octobre 2015

3 Termes et définitions

Ajouter, après la définition 3.19 existante, les nouveaux termes et définitions suivants:

3.20

chambre totalement anéchoïque

FAR

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

Note 1 à l'article: L'abréviation "FAR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "fully-anechoic room".

3.21

site d'essai en champ libre

OATS

installation utilisée pour les mesures des champs électromagnétiques, dont l'intention est de simuler un environnement semi-libre sur une plage de fréquences spécifiée utilisée pour les essais d'émissions rayonnées des produits

Note 1 à l'article: Un site OATS type se situe à l'extérieur dans un champ libre, son plan de masse étant conducteur.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OATS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "open-area test site".

3.22

chambre semi-anéchoïque

SAC

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 plage de fréquences concernée et dont la surface horizontale inférieure est un plan de masse conducteur destiné à être utilisé avec un équipement d'essai OATS

Note 1 à l'article: L'abréviation "SAC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "semi-anechoic chamber".

6.1 Généralités

Ajouter, à la fin du texte existant, le nouvel alinéa suivant:

Lorsque la présente norme fournit des options pour des exigences d'essais particulières avec un choix de méthodes d'essai, la conformité peut être indiquée par rapport à une des méthodes d'essai à l'aide des limites spécifiées et avec les restrictions fournies dans les tableaux correspondants. Si l'appareil doit être de nouveau soumis à l'essai, il convient

d'utiliser la méthode d'essai initialement choisie, de manière à garantir la cohérence des résultats.

6.2.2.3 Plage de fréquences comprises entre 150 kHz et 1 GHz

Remplacer, dans le 4^{ème} alinéa existant de ce paragraphe, la première phrase par la nouvelle phrase suivante:

Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), l'appareil de classe A peut être mesuré à une distance nominale de 3 m, de 10 m ou de 30 m (voir les indications du Tableau 6), et l'appareil de classe B à une distance nominale de 3 m ou de 10 m (voir les indications du Tableau 7).

Ajouter, avant le Tableau 6 existant, le nouvel alinéa suivant:

Dans une chambre totalement anéchoïque (FAR), un appareil de classe A ou de classe B peut être mesuré à une distance nominale de 3 m (voir les indications du Tableau 6 et du Tableau 7), à condition que l'EUT entre dans le volume d'essai valide de la chambre totalement anéchoïque donnée. Conjointement avec les mesures conformes à la présente norme, l'utilisation de la chambre totalement anéchoïque est limitée à l'appareil de table.

Tableau 6 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe A, groupe 1, mesurées sur un site d'essai

Remplacer le tableau existant par le suivant:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of CISPR 11:2015/AMD1:2016

Tableau 6 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe A, groupe 1, mesurées sur un site d'essai

Plage de fréquences MHz	OATS ou SAC				FAR	
	Distance de mesure de 10 m		Distance de mesure de 3 m ^b		Distance de mesure de 3 m ^{b,c}	
	puissance assignée de		puissance assignée de		puissance assignée de	
	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}	≤ 20 kVA ^d	> 20 kVA ^{a, d}
	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)
30 – 230	40	50	50	60	52 décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à 45	62 décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à 55
230 – 1 000	47	50	57	60	52	55

Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), les appareils de classe A peuvent être mesurés à une distance nominale de 3 m, de 10 m ou de 30 m. Dans le cas de mesures à une distance de séparation de 30 m, un facteur de proportionnalité inverse de 20 dB par décade doit être utilisé pour normaliser les données mesurées selon la distance spécifiée pour la détermination de la conformité.

À la fréquence de transition, la limite la plus sévère doit être appliquée.

Dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 230 MHz, la limite des mesures dans la chambre totalement anéchoïque diminue de manière linéaire avec le logarithme de la fréquence.

^a Ces limites s'appliquent à l'appareil dont la puissance assignée est supérieure à 20 kVA et destiné à être utilisé sur des sites où il existe une distance supérieure à 30 m entre l'appareil et les radiocommunications sensibles issues de tiers. Le fabricant doit indiquer dans la documentation technique que cet appareil est destiné à être utilisé sur des sites où la distance de séparation par rapport aux services de radiocommunications sensibles issues de tiers est > 30 m. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, les limites pour des valeurs ≤ 20 kVA s'appliquent.

^b La distance de séparation de 3 m s'applique uniquement aux appareils de petites dimensions satisfaisant au critère de taille défini en 3.17.

^c L'appareil de table doit entrer dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque.

^d Le choix de l'ensemble approprié de limites doit reposer sur la puissance en courant alternatif assignée définie par le fabricant.

Tableau 7 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe B, groupe 1, mesurées sur un site d'essai

Remplacer le tableau existant par le suivant:

Tableau 7 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe B, groupe 1, mesurées sur un site d'essai

Plage de fréquences MHz	OATS ou SAC		FAR
	Distance de mesure de 10 m	Distance de mesure de 3 m ^a	Distance de mesure de 3 m ^{a, b}
	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)
30 – 230	30	40	42 décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à 35
230 – 1 000	37	47	42
Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anechoïque (SAC), les appareils de classe B peuvent être mesurés à une distance nominale de 3 m ou de 10 m.			
À la fréquence de transition, la limite la plus sévère doit être appliquée.			
^a La distance de séparation de 3 m s'applique uniquement aux appareils de petites dimensions satisfaisant au critère de taille défini en 3.17.			
^b L'appareil de table doit entrer dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque.			

6.3.2.3 Plage de fréquences comprises entre 150 kHz et 1 GHz

Remplacer le 9^{ème} alinéa et le 10^{ème} alinéa existants de ce paragraphe par les nouveaux alinéas suivants:

Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anechoïque (SAC), l'appareil de classe A peut être mesuré à une distance nominale de 3 m, de 10 m ou de 30 m, et l'appareil de classe B à une distance nominale de 3 m ou de 10 m (voir le Tableau 10 et le Tableau 12).

Dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz, une distance de mesure de 3 m est autorisée uniquement pour les appareils satisfaisant à la définition donnée en 3.17.

Ajouter, avant le Tableau 10 existant, les nouveaux alinéas suivants:

Dans une chambre totalement anéchoïque (FAR), un appareil de classe A ou de classe B peut être mesuré à une distance nominale de 3 m, à condition que l'EUT entre dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque donnée. Conjointement avec les mesures conformes à la présente Norme, l'utilisation de la chambre totalement anéchoïque est limitée à l'appareil de table.

Pour un appareil du groupe 2, classe A ou classe B, autre qu'un matériel d'usinage par décharges électriques (EDM) ou de soudage à l'arc, les mesures réalisées dans la chambre totalement anéchoïque dans la bande de 30 MHz à 1 GHz doivent être complétées par la mesure de la composante magnétique du champ perturbateur dans la bande de 150 kHz à 30 MHz, sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anechoïque (SAC). Voir également la note de bas de tableau b dans le Tableau 10 et la note de bas de tableau c de Tableau 12.

Tableau 10 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe A, groupe 2, mesurées sur un site d'essai

Remplacer le tableau existant par le suivant:

Tableau 10 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe A, groupe 2, mesurées sur un site d'essai

Plage de fréquences MHz	OATS ou SAC						FAR
	Limites pour une distance de mesure D en m						
	$D = 30$ m		$D = 10$ m		$D = 3$ m ^a		$D = 3$ m ^{a, b}
	Champ électrique Quasi-crête dB(μV/m)	Champ magnétique Quasi-crête dB(μA/m)	Champ électrique Quasi-crête dB(μV/m)	Champ magnétique Quasi-crête dB(μA/m)	Champ électrique Quasi-crête dB(μV/m)	Champ magnétique Quasi-crête dB(μA/m)	Champ électrique Quasi-crête dB(μV/m)
0,15 – 0,49	–	33,5	–	57,5	–	82	–
0,49 – 1,705	–	23,5	–	47,5	–	72	–
1,705 – 2,194	–	28,5	–	52,5	–	77	–
2,194 – 3,95	–	23,5	–	43,5	–	68	–
3,95 – 11	–	8,5	–	18,5	–	68 décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à 28,5	–
11 – 20	–	8,5	–	18,5	–	28,5	–
20 – 30	–	–1,5	–	8,5	–	18,5	–
30 – 47	58	–	68	–	78	–	80 à 78
47 – 53,91	40	–	50	–	60	–	60
53,91 – 54,56	40	–	50	–	60	–	60
54,56 – 68	40	–	50	–	60	–	60 à 59
68 – 80,872	53	–	63	–	73	–	72
80,872 – 81,848	68	–	78	–	88	–	87
81,848 – 87	53	–	63	–	73	–	72 à 71
87 – 134,786	50	–	60	–	70	–	68 à 67
134,786 – 136,414	60	–	70	–	80	–	77
136,414 – 156	50	–	60	–	70	–	67 à 66
156 – 174	64	–	74	–	84	–	80
174 – 188,7	40	–	50	–	60	–	56
188,7 – 190,979	50	–	60	–	70	–	66
190,979 – 230	40	–	50	–	60	–	56 à 55
230 – 400	50	–	60	–	70	–	65
400 – 470	53	–	63	–	73	–	68
470 – 1 000	50	–	60	–	70	–	65

Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), les appareils de classe A peuvent être mesurés à une distance nominale de 3 m, de 10 m ou de 30 m. La distance de mesure peut être inférieure à 10 m uniquement pour les appareils satisfaisant à la définition donnée en 3.17.

À la fréquence de transition, la limite la plus sévère doit être appliquée. Dans certaines plages de fréquences, la limite des mesures dans la chambre totalement anéchoïque diminue de manière linéaire avec le logarithme de la fréquence.

^a Dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz, la distance de séparation de 3 m s'applique uniquement aux *appareils de petites dimensions* satisfaisant au critère de taille défini en 3.17.

^b L'appareil de table doit entrer dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque. Dans la plage inférieure à 30 MHz, ce type d'appareil du groupe 2 doit être mesuré sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) (voir les limites dans la colonne «champ magnétique» correspondante du présent tableau).

Tableau 11 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour le matériel d'usinage par décharges électriques et le matériel de soudage à l'arc de classe A mesurées sur un site d'essai

Remplacer le tableau existant par le suivant:

Tableau 11 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour le matériel d'usinage par décharges électriques et le matériel de soudage à l'arc de classe A mesurées sur un site d'essai

Plage de fréquences MHz	OATS ou SAC		FAR
	Distance de mesure de 10 m	Distance de mesure de 3 m ^a	Distance de mesure de 3 m ^{a, b}
	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)	Quasi-crête dB(μV/m)
30 – 230	80	90	102
	Décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à	Décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à	Décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à
	60	70	75
230 – 1 000	60	70	75
Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), les appareils de classe A peuvent être mesurés à une distance nominale de 3 m, de 10 m ou de 30 m. Dans le cas de mesures à une distance de séparation de 30 m, un facteur de proportionnalité inverse de 20 dB par décade doit être utilisé pour normaliser les données mesurées selon la distance spécifiée pour la détermination de la conformité.			
^a La distance de séparation de 3 m s'applique uniquement aux <i>appareils de petites dimensions</i> satisfaisant au critère de taille défini en 3.17.			
^b L'appareil de table doit entrer dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque.			

Tableau 12 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe B, groupe 2, mesurées sur un site d'essai

Remplacer le tableau existant par le suivant:

Tableau 12 – Limites du rayonnement électromagnétique perturbateur pour les appareils de classe B, groupe 2, mesurées sur un site d'essai

Plage de fréquences MHz	OATS ou SAC					FAR	
	Limites pour une distance de mesure <i>D</i> en m						
	<i>D</i> = 10 m		<i>D</i> = 3 m ^b		<i>D</i> = 3 m	<i>D</i> = 3 m ^c	
	Champ électrique				Champ magnétique	Champ électrique	
	Quasi-crête	Moyenne ^a	Quasi-crête	Moyenne ^a	Quasi-crête	Quasi-crête	Moyenne ^a
	dB(μV/m)		dB(μV/m)		dB(μA/m)	dB(μV/m)	
0,15 – 30	–	–	–	–	39 Décroissance linéaire avec le logarithme de la fréquence jusqu'à 3		
30 – 80,872	30	25	40	35	–	42 à 39	37 à 34
80,872 – 81,848	50	45	60	55	–	59	54
81,848 – 134,786	30	25	40	35	–	39 à 37	34 à 32
134,786 – 136,414	50	45	60	55	–	57	52
136,414 – 230	30	25	40	35	–	37 à 35	32 à 30
230 – 1 000	37	32	47	42	–	42	37

Sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), les appareils de classe B peuvent être mesurés à une distance nominale de 3 m ou de 10 m.

À la fréquence de transition, la limite la plus sévère doit être appliquée. Dans certaines plages de fréquences, la limite des mesures dans la chambre totalement anéchoïque diminue de manière linéaire avec le logarithme de la fréquence.

^a Les limites moyennes s'appliquent uniquement aux appareils à commande par magnétron et aux fours à micro-ondes. Si les appareils à commande par magnétron ou les fours à micro-ondes dépassent la limite en quasi-crête à certaines fréquences, la mesure doit être répétée à ces fréquences avec le détecteur de valeur moyenne, et les limites moyennes spécifiées dans ce tableau s'appliquent.

^b Dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz, la distance de séparation de 3 m s'applique uniquement aux *appareils de petites dimensions* satisfaisant au critère de taille défini en 3.17.

^c L'appareil de table doit entrer dans le volume d'essai validé de la chambre totalement anéchoïque. Dans la plage inférieure à 30 MHz, ce type d'appareil du groupe 2 doit être mesuré sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) (voir les limites dans la colonne «champ magnétique» correspondante du présent tableau).

7.3.4.2 Plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz

Remplacer le texte existant de ce paragraphe par le nouveau texte et les nouveaux paragraphes suivants:

7.3.4.2.1 Généralités

Dans la plage de fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz, l'antenne utilisée doit être telle que spécifiée dans la CISPR 16-1-4.

D'autres antennes peuvent être utilisées à condition de pouvoir démontrer que les résultats sont dans la limite de ± 2 dB des résultats qui auraient été obtenus si une antenne doublet symétrique avait été utilisée.

7.3.4.2.2 Site d'essai en champ libre (OATS) et chambre semi-anéchoïque (SAC)

Pour les mesures réalisées sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC), le centre de l'antenne doit être déplacé en hauteur entre 1 m et 4 m pour obtenir l'indication maximale à chaque fréquence d'essai. Le point de l'antenne le plus près du sol ne doit pas être à moins de 0,2 m. Les mesures doivent être réalisées avec l'antenne orientée en polarisation horizontale, puis en polarisation verticale.

7.3.4.2.3 Chambre totalement anéchoïque (FAR)

Pour les mesures réalisées dans une chambre totalement anéchoïque, la hauteur de l'antenne est fixée à la hauteur géométrique moyenne du volume d'essai valide. Les mesures doivent être réalisées avec l'antenne orientée en polarisation horizontale, puis en polarisation verticale.

7.3.4.2.4 Autres sites

Pour les mesures *in situ*, le centre de l'antenne doit être fixé à une hauteur de $(2,0 \pm 0,2)$ m au-dessus du sol.

7.5.1 Généralités

Remplacer l'intégralité du texte de ce paragraphe, y compris les Figures 3 et 4, par le nouveau texte et les nouvelles figures comme suit.

7.5.1 Généralités

Le niveau de perturbation doit être augmenté au maximum en faisant varier la configuration des appareils, en restant compatible avec les applications typiques de l'appareil en essai. La Figure 3 donne un exemple de montage classique pour les mesures des perturbations rayonnées à partir d'un EUT de table. La configuration de mesure doit être typique d'une opération normale d'installation et centrée sur l'axe vertical du plateau tournant.

NOTE 1 La souplesse inhérente à chaque installation particulière détermine la mesure dans laquelle le présent paragraphe s'applique à la mesure d'une installation *in situ*. Les dispositions du présent paragraphe sont applicables aux mesures *in situ*, dans la mesure où une installation particulière permet de faire varier la position des câbles, de faire fonctionner différentes unités indépendamment les unes des autres à l'intérieur de l'installation, de faire varier la position de l'installation à l'intérieur des locaux, etc.

Pour la mesure des perturbations rayonnées sur un site d'essai en champ libre (OATS) ou dans une chambre semi-anéchoïque (SAC) avec une distance de séparation de 3 m, l'évaluation du rayonnement émis par le câblage de l'EUT doit être limitée aux parties des câbles de raccordement (voir 7.5.2) et aux câbles d'alimentation (voir 7.5.3) qui sont à l'intérieur du volume d'essai ne dépassant pas 1,2 m de diamètre par 1,5 m de hauteur au-dessus du sol.

Pour la mesure des perturbations rayonnées dans une chambre totalement anéchoïque, tous les câbles tombant au sol doivent être visibles depuis la position du point de référence de l'antenne sur au moins 80 cm (voir la Figure 3b).

Les appareils périphériques qui n'entrent pas dans le volume d'essai doivent être exclus des mesures ou découplés de l'environnement d'essai. Si les câbles vers l'appareil périphérique ne peuvent pas être étendus pour sortir du volume d'essai, l'appareil périphérique doit être placé dans le cercle imaginaire autour de la configuration complète de l'EUT.

La distance de mesure est définie entre le point de référence de l'antenne et les limites d'un cercle imaginaire autour de la configuration complète de l'EUT (voir la Figure 3a).