

**Véhicules, bateaux et engins
entraînés par des moteurs à combustion interne –
Caractéristiques de perturbation radioélectrique –
Limites et méthodes de mesure pour la protection
des récepteurs à l'exception de ceux installés
dans les véhicules/bateaux/engins eux-mêmes
ou dans des véhicules/bateaux/engins proches**

**Vehicles, boats, and internal combustion
engine driven devices –
Radio disturbance characteristics –
Limits and methods of measurement for the
protection of receivers except those installed
in the vehicle/boat/device itself or in adjacent
vehicles/boats/devices**

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI et du CISPR est constamment revu par la Commission et par le CISPR afin qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **Site web de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour mensuellement
(Catalogue en ligne)*
- **iec e-tech**
Disponible à la fois sur le site web de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Pour les termes concernant les perturbations radioélectriques, voir le chapitre 902.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 60027 ou CEI 60617, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

* Voir adresse du site web sur la page de titre.

Revision of this publication

The technical content of IEC and CISPR publications is kept under constant review by the IEC and CISPR, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with monthly updates
(On-line catalogue)*
- **iec e-tech**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

For terms on radio interference, see Chapter 902.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 60027 or IEC 60617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

* See web site address on title page.

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
12

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

Cinquième édition
Fifth edition
2001-09

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

**Véhicules, bateaux et engins
entraînés par des moteurs à combustion interne –
Caractéristiques de perturbation radioélectrique –
Limites et méthodes de mesure pour la protection
des récepteurs à l'exception de ceux installés
dans les véhicules/bateaux/engins eux-mêmes
ou dans des véhicules/bateaux/engins proches**

**Vehicles, boats, and internal combustion
engine driven devices –
Radio disturbance characteristics –
Limits and methods of measurement for the
protection of receivers except those installed
in the vehicle/boat/device itself or in adjacent
vehicles/boats/devices**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives.....	10
3 Définitions.....	10
4 Limites de perturbation.....	14
4.1 Détermination du niveau des limites applicables	14
4.2 Perturbations à large bande	16
4.3 Perturbations à bande étroite	16
5 Méthodes de mesure.....	18
5.1 Exigences relatives à l'appareillage de mesure	18
5.2 Exigences relatives à l'emplacement de mesure	24
5.3 Conditions pour l'objet à l'essai	34
5.4 Fréquences d'essai	36
5.5 Enregistrement des données	36
6 Méthodes de vérification de la conformité aux exigences du CISPR	38
6.1 Généralités	38
6.2 Courbes de limites applicables	38
6.3 Evaluation (cas général).....	38
6.4 Essai d'homologation type.....	38
6.5 Surveillance de la production de série.....	40
6.6 Vérification rapide sur un prototype pour un essai en cours de développement (à large bande seulement).....	40
Annexe A (normative) Analyse statistique des résultats de mesure.....	42
Annexe B (informative) Equations donnant les performances d'une antenne fouet (monopôle) et étalonnage de l'amplificateur d'adaptation de cette antenne – Méthode de substitution par capacité équivalente	46
Annexe C (informative) Etalonnage et maintenance de l'antenne et de la ligne de transmission.....	54
Annexe D (informative) Caractéristiques de construction des véhicules à moteur influençant le bruit d'allumage.....	64
Annexe E (informative) Mesure de l'affaiblissement d'insertion de dispositifs d'antiparasitage d'allumage)	66
Annexe F (informative) Méthodes de mesure des caractéristiques d'atténuation des éléments d'antiparasitage pour les systèmes d'allumage haute tension	80
Annexe G (informative) Diagramme d'application des prescriptions du CISPR 12	98
Annexe H (normative) Procédure de détermination d'une limite d'émission alternative pour les mesures avec une antenne à une distance de 3 m	100
Figure 1 – Exemple de méthode de détermination de la conformité aux perturbations rayonnées	14
Figure 2 – Limites de perturbation (à large bande) avec une antenne placée à 10 m.....	16
Figure 3 – Limites de perturbation (bande étroite) avec une antenne placée à 10 m	18
Figure 4 – Emplacement de mesure ouvert pour les véhicules et les engins	26
Figure 5 – Emplacement de mesure ouvert pour les bateaux à moteur	28

CONTENTS

FOREWORD	7
1 Scope	9
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 Limits of disturbance	15
4.1 Determination of the appropriate limit level	15
4.2 Broadband emissions	17
4.3 Narrowband emissions	17
5 Methods of measurement	19
5.1 Measuring apparatus requirements	19
5.2 Measuring location requirements	25
5.3 Test object conditions	35
5.4 Test frequencies	37
5.5 Data collection	37
6 Methods of checking for compliance with CISPR requirements	39
6.1 General	39
6.2 Application of limit curves	39
6.3 Evaluation (general)	39
6.4 Type approval test	39
6.5 Surveillance (quality audit) of series production	41
6.6 Quick prototype check for development testing (broadband emissions only)	41
Annex A (normative) Statistical analysis of the results of measurements	43
Annex B (informative) Rod antenna (monopole) performance equations and characterization of the rod antenna matching amplifier – The equivalent capacitance substitution method	47
Annex C (informative) Antenna and transmission line maintenance and characterization	55
Annex D (informative) Construction features of motor vehicles affecting the emission of ignition noise	65
Annex E (informative) Measurement of the insertion loss of ignition noise suppressors	67
Annex F (informative) Methods of measurement to determine the attenuation characteristics of ignition noise suppressors for high-tension ignition systems	81
Annex G (informative) Flow chart for checking the applicability of CISPR 12	99
Annex H (normative) Procedure to determine an alternative emission limit for measurements at 3 m antenna distance	101
Figure 1 – Example method of determination of conformance of radiated disturbance	15
Figure 2 – Limits of disturbance (broadband) at 10 m antenna distance	17
Figure 3 – Limits of disturbance (narrowband) at 10 m antenna distance	19
Figure 4 – Measuring site (OATS) for vehicles and devices	27
Figure 5 – Measuring site (OATS) for boats	29

Figure 6 – Position de l'antenne pour la mesure de la composante verticale du champ rayonné.....	30
Figure 7 – Position de l'antenne pour la mesure de la composante horizontale du champ rayonné.....	32
Figure B.1 – Exemple de montage d'un condensateur d'une antenne fictive	48
Figure B.2 – Mesure du facteur d'antenne d'un monopôle de 1 m	52
Figure C.1 – Détermination du facteur d'antenne d'une autre antenne (distance d'essai de 10 m).....	62
Figure E.1 – Circuit d'essai	70
Figure E.2 – Disposition générale de la boîte d'essai.....	72
Figure E.3 – Détails du couvercle de la boîte d'essai.....	74
Figure E.4 – Détails de la boîte d'essai	74
Figure E.5 – Embout antiparasite droit de bougie (avec ou sans blindage).....	76
Figure E.6 – Embout antiparasite à angle droit de bougie (avec ou sans blindage)	76
Figure E.7 – Bougie antiparasite	76
Figure E.8 – Balai résistant dans la tête du distributeur	76
Figure E.9 – Élément d'antiparasitage incorporé dans les sorties de la tête du distributeur	78
Figure E.10 – Rotor à élément d'antiparasitage incorporé.....	78
Figure E.11 – Câble d'allumage antiparasité (résistant ou réactif).....	78
Figure F.1 – Montage d'essai, vue de côté	84
Figure F.2 – Montage d'essai, vue de dessus.....	86
Figure F.3 – Chambre de compression avec ventilation.....	88
Figure F.4 – Vue de dessus du montage à angle droit d'un élément d'antiparasitage pour les distributeurs	90
Figure F.5 – Vue de côté du montage à angle droit pour rotor d'allumage.....	92
Figure F.6 – Vue de dessus du montage pour rotors d'allumage.....	94
Figure F.7 – Vue de côté du montage d'essai pour câbles d'allumage résistifs prêts à l'emploi.....	96
Figure H.1 – Détermination de l'angle maximal à couvrir par l'antenne	100
Figure H.2 – Calcul de la réduction de gain résultante a	102
Tableau 1 – Temps de balayage minimal	20
Tableau 2 – Bande passante recommandée pour l'appareil de mesure (6 dB)	20
Tableau 3 – Vitesses de fonctionnement d'un moteur à combustion interne.....	34
Tableau A.1 – Facteurs statistiques	42
Tableau A.2 – Exemple de sous-bandes de fréquences.....	44
Tableau F.1 – Limites	80

Figure 6 – Antenna position to measure emissions – Vertical polarization	31
Figure 7 – Antenna position to measure emissions – Horizontal polarization	33
Figure B.1 – Example of mounting capacitor in dummy antenna	49
Figure B.2 – Measurement of 1 m monopole antenna factor	53
Figure C.1 – Alternate antenna factor determination (10 m test distance)	63
Figure E.1 – Test circuit	71
Figure E.2 – General arrangement of the test box	73
Figure E.3 – Details of the test-box lid	75
Figure E.4 – Details of the test box	75
Figure E.5 – Straight spark-plug ignition noise suppressor (screened or unscreened)	77
Figure E.6 – Right-angle spark-plug ignition noise suppressor (screened or unscreened)	77
Figure E.7 – Noise suppression spark plug	77
Figure E.8 – Resistive distributor brush	77
Figure E.9 – Noise suppressor in distributor cap	79
Figure E.10 – Noise suppression distributor rotor	79
Figure E.11 – Noise suppression ignition cable (resistive or reactive)	79
Figure F.1 – Test set-up, side view	85
Figure F.2 – Test set-up, top view	87
Figure F.3 – Pressure chamber with ventilation	89
Figure F.4 – Top view of the set-up of a right-angle ignition noise suppressor for distributors	91
Figure F.5 – Side view of the test set-up for the distributor rotors	93
Figure F.6 – Top view of the test set-up for distributor rotors	95
Figure F.7 – Side view of the test set-up for ready-to-use resistive ignition cables	97
Figure H.1 – Determination of the maximum antenna angle	101
Figure H.2 – Calculation of the resulting gain reduction a	103
Table 1 – Minimum scan time	21
Table 2 – Recommended measuring instrument bandwidth (6 dB)	21
Table 3 – Internal combustion engine operating speeds	35
Table A.1 – Statistical factors	43
Table A.2 – Example of frequency sub-bands	45
Table F.1 – Limits	81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**VÉHICULES, BATEAUX ET ENGIN
ENTRAÎNÉS PAR DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE –
CARACTÉRISTIQUES DE PERTURBATION RADIOÉLECTRIQUE –
LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE POUR LA PROTECTION DES
RÉCEPTEURS À L'EXCEPTION DE CEUX INSTALLÉS DANS LES
VÉHICULES/BATEAUX/ENGINS EUX-MÊMES OU DANS DES
VÉHICULES/BATEAUX/ENGINS PROCHES**

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels du CISPR en ce qui concerne les questions techniques, préparées par des sous-comités où sont représentés tous les comités nationaux et les autres organisations membres du CISPR s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les comités nationaux et les organisations membres du CISPR.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, le CISPR exprime le vœu que tous les comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte des recommandations du CISPR, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation du CISPR et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente publication a été établie par le sous-comité D du CISPR: Perturbations électromagnétiques relatives aux appareils électriques ou électroniques embarqués sur les véhicules et aux moteurs à combustion interne.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 1997. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de cette publication du CISPR est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
CISPR/D/255/FDIS	CISPR/D/263/RVD

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

Les annexes A et H font partie intégrante de cette publication.

Les annexes B à G sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**VEHICLES, BOATS, AND INTERNAL COMBUSTION
ENGINE DRIVEN DEVICES –
RADIO DISTURBANCE CHARACTERISTICS –
LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT FOR THE PROTECTION OF
RECEIVERS EXCEPT THOSE INSTALLED IN THE VEHICLE/BOAT/DEVICE
ITSELF OR IN ADJACENT VEHICLES/BOATS/DEVICES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the CISPR on technical matters, prepared by subcommittees on which all the National Committees and other Member Organizations of the CISPR having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus on the subject dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use, and they are accepted by the National Committees and other Member Organizations of the CISPR in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the CISPR expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the CISPR recommendations for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the CISPR recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This publication has been prepared by CISPR subcommittee D: Electromagnetic disturbances related to electric/electronic equipment on vehicles and internal combustion engine powered devices.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 1997. This edition constitutes a technical revision.

The text of this CISPR publication is based on the following documents:

FDIS	Report on Voting
CISPR/D/255/FDIS	CISPR/D/263/RVD

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

Annexes A and H form an integral part of this CISPR publication.

Annexes B to G are for information only.

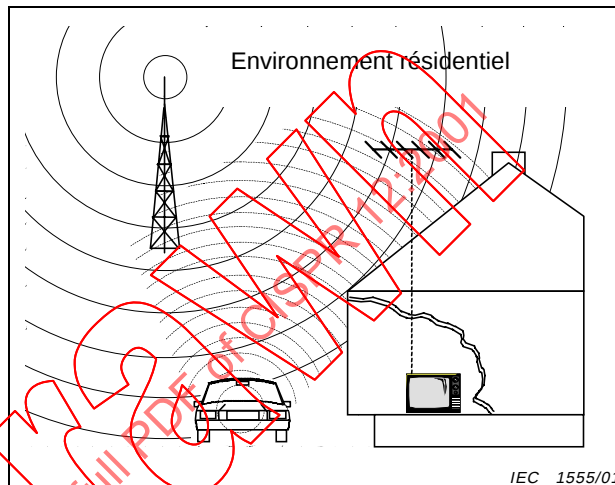
The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

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

VÉHICULES, BATEAUX ET ENGIN ENTRAÎNÉS PAR DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE – CARACTÉRISTIQUES DE PERTURBATION RADIOÉLECTRIQUE – LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE POUR LA PROTECTION DES RÉCEPTEURS À L'EXCEPTION DE CEUX INSTALLÉS DANS LES VÉHICULES/BATEAUX/ENGINS EUX-MÊMES OU DANS DES VÉHICULES/BATEAUX/ENGINS PROCHES

1 Domaine d'application

Les limites données dans la présente Norme internationale sont prévues pour assurer la protection des récepteurs de radiodiffusion dans la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz utilisés dans un environnement résidentiel. La conformité à la présente norme peut ne pas fournir une protection adéquate pour les nouveaux types de services radio-électriques ou pour les récepteurs utilisés dans un environnement résidentiel à moins de 10 m d'un véhicule ou d'un engin.



NOTE 1 L'expérience a montré que la conformité à cette norme peut fournir une protection satisfaisante aux récepteurs pour d'autres types de services, lorsqu'ils sont utilisés dans un environnement résidentiel, y compris pour les émissions radioélectriques dans d'autres bandes de fréquences que celles spécifiées.

La présente norme concerne le rayonnement à large bande et à bande étroite d'énergie électromagnétique susceptible de brouiller la réception des radiocommunications et qui est produit par

- a) des véhicules entraînés par un moteur à combustion interne, par des moyens électriques ou par les deux (voir 3.1);
- b) des bateaux propulsés par un moteur à combustion interne, par des moyens électriques ou par les deux (voir 3.2). Les bateaux doivent être essayés de la même manière que les véhicules, excepté lorsqu'ils ont des caractéristiques particulières telles qu'elles sont explicitement fixées dans cette norme;
- c) des engins équipés de moteurs à combustion interne (voir 3.3).

Cette norme inclut les limites et les méthodes d'essai pour les rayonnements des perturbations à large bande et à bande étroite.

La présente norme ne s'applique pas aux aéronefs, aux systèmes de traction (chemins de fer, tramway et trolleybus), ni aux véhicules incomplets.

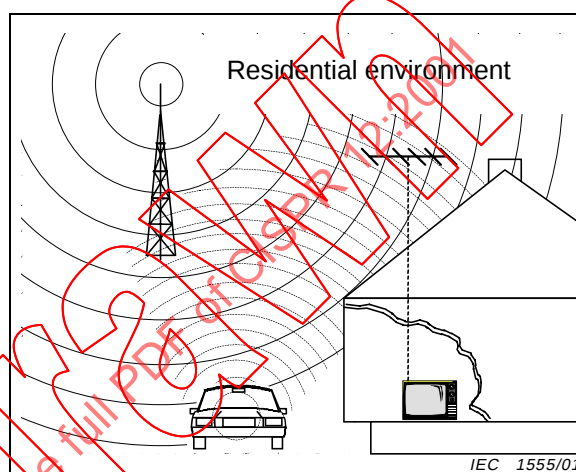
NOTE 2 Pour la protection des récepteurs installés dans un véhicule contre les perturbations issues du même véhicule, le CISPR 25 s'applique.

La mesure des perturbations électromagnétiques lorsque le véhicule est relié au secteur pour la recharge n'entre pas dans le domaine d'application de cette norme. L'utilisateur se réfère aux normes CEI et CISPR adéquates qui définissent les méthodes de mesure et les limites pour ce cas.

VEHICLES, BOATS, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE DRIVEN DEVICES – RADIO DISTURBANCE CHARACTERISTICS – LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT FOR THE PROTECTION OF RECEIVERS EXCEPT THOSE INSTALLED IN THE VEHICLE/BOAT/DEVICE ITSELF OR IN ADJACENT VEHICLES/BOATS/DEVICES

1 Scope

The limits in this International Standard are designed to provide protection for broadcast receivers in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz when used in the residential environment. Compliance with this standard may not provide adequate protection for new types of radio transmissions or receivers used in the residential environment nearer than 10 m to the vehicle or device.



NOTE 1 Experience has shown that compliance with this standard may provide satisfactory protection for receivers of other types of transmissions when used in the residential environment, including radio transmissions in frequency ranges other than that specified.

This standard applies to the emission of broadband and narrowband electromagnetic energy which may cause interference to radio reception and which is emitted from

- a) vehicles propelled by an internal combustion engine, electrical means or both (see 3.1);
- b) boats propelled by an internal combustion engine, electrical means or both (see 3.2). Boats are to be tested in the same manner as vehicles except where they have unique characteristics as explicitly stated in this standard;
- c) devices equipped with internal combustion engines (see 3.3).

This standard includes limits and test methods for both broadband and narrowband emissions.

This standard does not apply to aircraft, traction systems (railway, tramway and trolley bus), or to incomplete vehicles.

NOTE 2 Protection of receivers used on board the same vehicle as the disturbance source(s) are covered by CISPR 25.

The measurement of electromagnetic disturbances while the vehicle is connected to power mains for charging is not covered in this standard. The user is referred to appropriate IEC and CISPR standards which define measurement techniques and limits for this condition.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(161), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CISPR 16-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 25, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations radioélectriques pour la protection des récepteurs utilisés à bord des véhicules*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans la CEI 60050(161) sont applicables.

Les définitions suivantes sont spécifiques à la présente norme.

3.1

véhicule

machine opérant sur le sol et qui est destinée à transporter des personnes ou des marchandises. Les véhicules comprennent, sans se limiter à ceux-ci, les voitures, les camions, les autobus, les cyclomoteurs, les machines agricoles, les engins de chantier, les équipements de levage de matériaux, les équipements utilisés dans les mines et les engins destinés à évoluer sur la neige

3.2

bateau

vaisseau destiné à être utilisé sur la surface de l'eau dont la longueur est inférieure à 15 m

3.3

engin

machine mue par un moteur à combustion interne et qui n'est pas principalement destinée à transporter des passagers ou des marchandises. Les engins comprennent, sans se limiter à ceux-ci, les scies à chaîne, les pompes d'irrigation, les canons à neige, les compresseurs d'air, les matériels ou les outils utilisés au sol

3.4

bruit d'allumage impulsif

émission indésirable d'énergie électromagnétique, à dominante d'impulsions, ayant pour origine le dispositif d'allumage d'un véhicule ou d'un engin

3.5

dispositif d'antiparasitage d'allumage

partie d'un circuit d'allumage à haute tension prévue pour limiter l'émission du bruit d'allumage impulsif

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(161), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

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

CISPR 25, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions contained in IEC 60050(161) are applicable.

The following definitions are specific to this standard.

3.1

vehicle

machine operating on land which is intended to carry persons or goods. Vehicles include, but are not limited to, cars, trucks, buses, mopeds, agricultural machinery, earth-moving machinery, material-handling equipment, mining equipment and snowmobiles

3.2

boat

vessel intended to be used on the surface of water, its length being no greater than 15 m

3.3

device

machine driven by an internal combustion engine which is not primarily intended to carry persons or goods. Devices include, but are not limited to, chainsaws, irrigation pumps, snow blowers, air compressors, and landscaping equipment

3.4

impulsive ignition noise

unwanted emission of electromagnetic energy, predominantly impulsive in content, arising from the ignition system within a vehicle or device

3.5

ignition noise suppressor

that portion of a high-voltage ignition circuit intended to limit the emission of impulsive ignition noise

3.6

balai résistant de distributeur

balai de contact résistant dans le couvercle d'un distributeur d'allumage

3.7

sous-bande de fréquences

partie du spectre de fréquences (entre 30 MHz et 1 000 MHz) définie pour permettre l'évaluation statistique des résultats d'essai obtenus par un balayage en fréquence

3.8

fréquence représentative

fréquence assignée d'une sous-bande de fréquences, utilisée pour comparer le résultat à la limite. A utiliser uniquement en 6.4 et 6.5 et à l'annexe A

3.9

niveau caractéristique

niveau d'émission prédominant mesuré dans chaque sous-bande de fréquences. Le niveau caractéristique est le niveau maximal mesuré, obtenu pour les deux polarisations d'antenne et pour toutes les positions de mesure spécifiées pour le véhicule ou l'engin. Les signaux ambiants connus ne doivent pas être considérés comme faisant partie du niveau caractéristique

3.10

générateur de poursuite

oscillateur (cw) produisant un signal d'essai dont la fréquence est verrouillée sur celle du récepteur de mesure

3.11

puissance perturbatrice RF

puissance RF mesurée à l'aide du transformateur de courant d'une pince absorbante et d'un appareil de mesure RF. Elle peut être mesurée en valeur crête ou en valeur quasi-crête; c'est le cas pour la tension perturbatrice RF

3.12

décharge d'allumage

l'énergie d'étincelle est, dans ce document, la décharge d'énergie stockée dans la bobine d'allumage par un arc entre les électrodes d'une bougie d'allumage pour la mesure

3.13

fil d'allumage haute tension (HT) résistif

fil d'allumage dont le conducteur a une résistance élevée (atténuation)

3.14

environnement résidentiel

l'environnement résidentiel a une distance de protection de 10 m entre la source et le point de réception radioélectrique et où la source utilise le réseau public basse tension ou sont alimentées par piles ou batteries. Par exemple, les immeubles de logement, les habitations privées, les salles de divertissements, les théâtres, les écoles, les voies publiques, etc.

3.6**resistive distributor brush**

resistive pick-up brush in an ignition distributor cap

3.7**frequency sub-band**

segment of the frequency spectrum (30 MHz to 1 000 MHz) defined to enable statistical evaluation of the test data acquired by swept frequency testing

3.8**representative frequency**

assigned frequency of a frequency sub-band to be used for comparison of the data to the limit. To be used only in 6.4 and 6.5 and annex A

3.9**characteristic level**

controlling (or dominant) emission level experienced in each frequency sub-band. The characteristic level is the maximum measurement obtained for both antenna polarizations and for all the specified measurement positions of the vehicle or device. Known ambient signals shall not be considered part of the characteristic level

3.10**tracking generator**

test signal oscillator (continuous wave, cw) that is frequency locked to the receive frequency of a measuring instrument

3.11**RF disturbance power**

RF power measured with a current transformer or an absorbing clamp and an RF measuring instrument. It may be measured – as the RF disturbance voltage – in a peak or quasi-peak mode

3.12**spark discharge**

spark discharge in this document is the discharge of energy stored in the ignition coil, in an arc across the electrodes of a measuring spark plug

3.13**resistive high-tension (HT) ignition cable**

ignition cable whose conductor has a high resistance (attenuation)

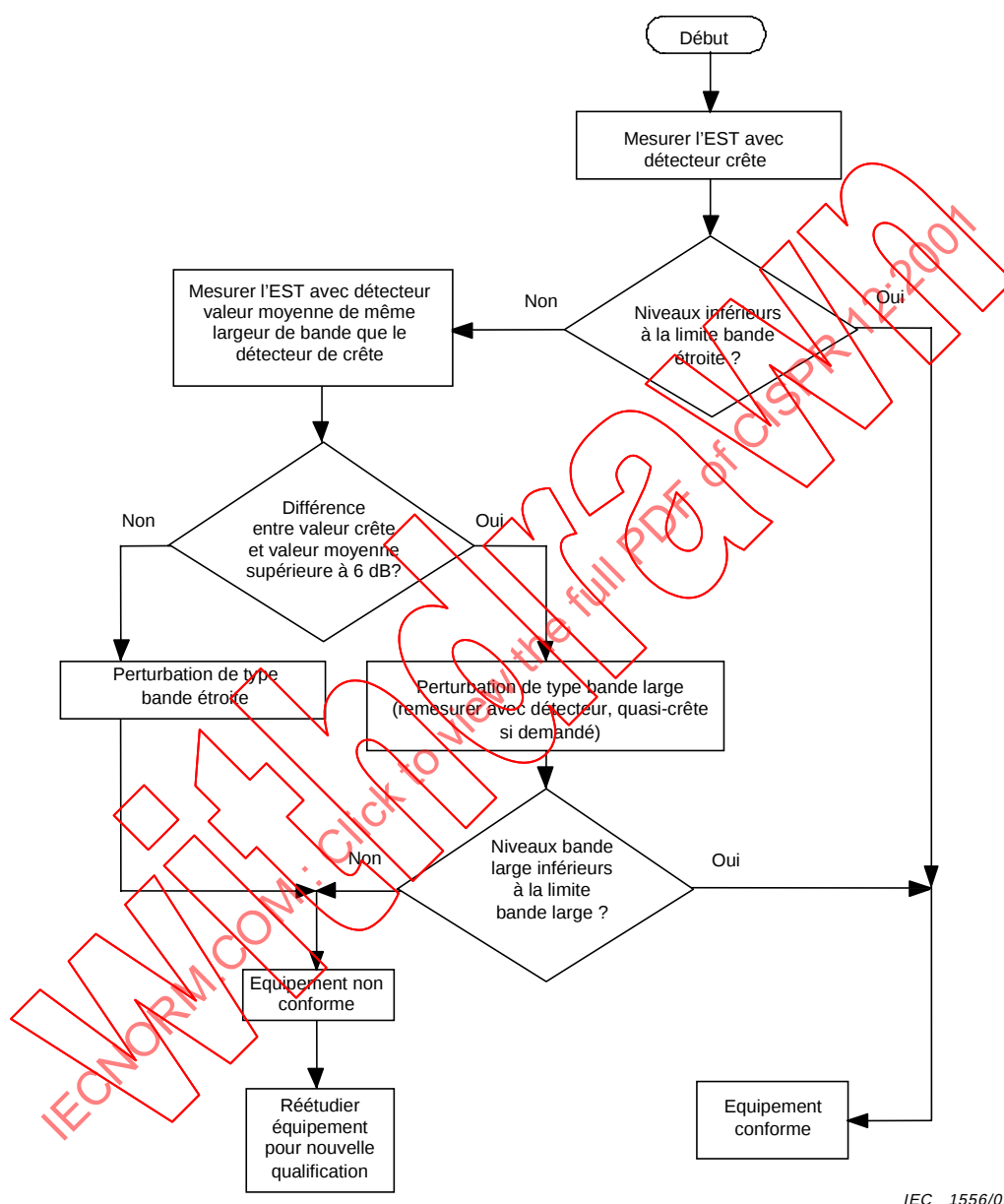
3.14**residential environment**

residential environment has a 10 m protection distance between the source and the point of radio reception and where the source uses the public low-voltage power system or battery power. For example, rooming houses, private dwellings, entertainment halls, theatres, schools, public streets, etc.

4 Limites de perturbation

4.1 Détermination du niveau des limites applicables

Si la nature de la perturbation est inconnue, le diagramme présenté à la figure 1 peut être utilisé pour déterminer quelle limite doit être appliquée.



IEC 1556/01

Figure 1 – Exemple de méthode de détermination de la conformité aux perturbations rayonnées

4 Limits of disturbance

4.1 Determination of the appropriate limit level

If the type of disturbance is unknown, the flow chart shown in figure 1 may be used to determine which limit shall be applied.

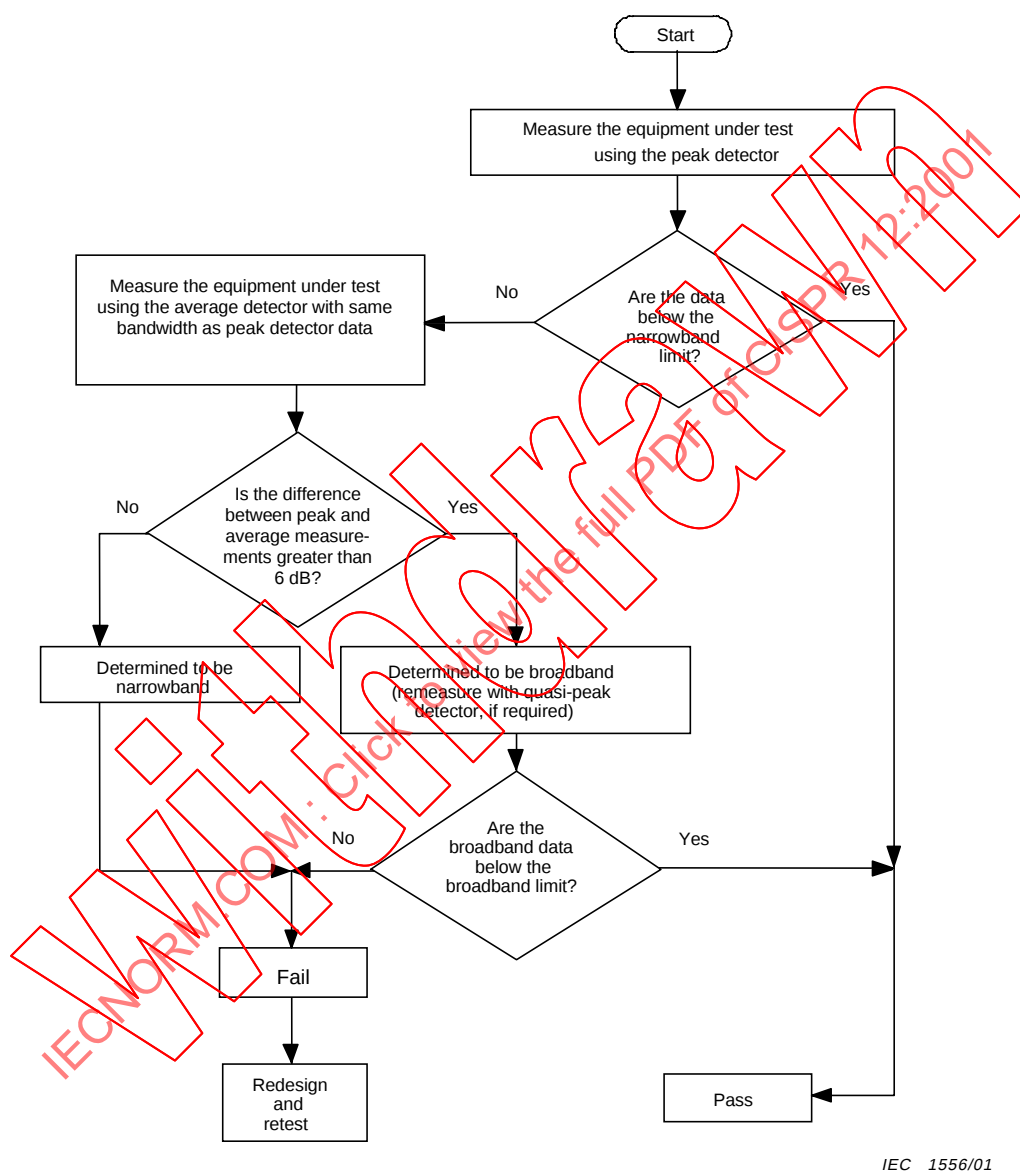
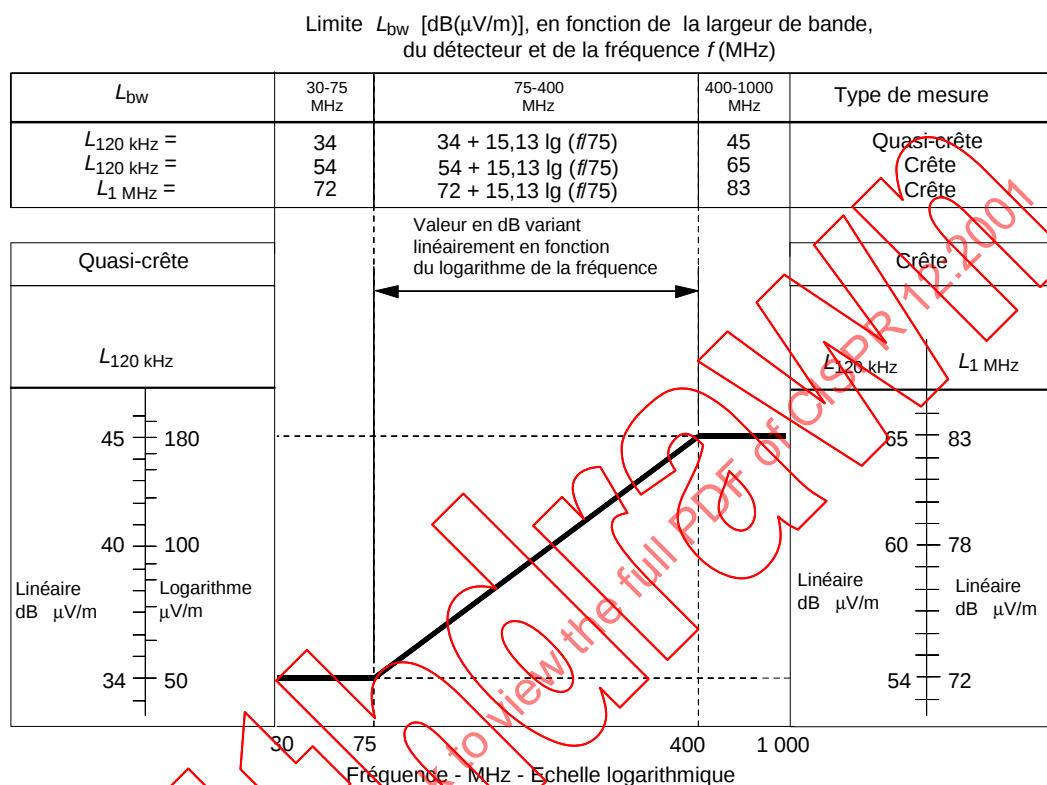


Figure 1 – Example method of determination of conformance of radiated disturbance

4.2 Perturbations à large bande

La limite de rayonnement à large bande pour une mesure effectuée avec une antenne placée à 10 m est donnée par le tableau et le graphique de la figure 2. Une seule largeur de bande suffit pour l'essai. Pour déterminer les limites avec plus de précision, on doit utiliser les équations données à la figure 2. Pour les mesures avec une antenne située à 3 m, une valeur de 10 dB doit être ajoutée à la limite.



IEC 1557/01

NOTE 1 Pour les véhicules équipés avec des moteurs de traction électriques, voir 5.3.2.

NOTE 2 Pour des mesures crête, voir 5.5.3.

NOTE 3 Le facteur de corrélation entre les mesures quasi-crête et crête est de +20 dB pour une largeur de bande de 120 kHz, sur la base de données expérimentales accumulées dans plusieurs pays.

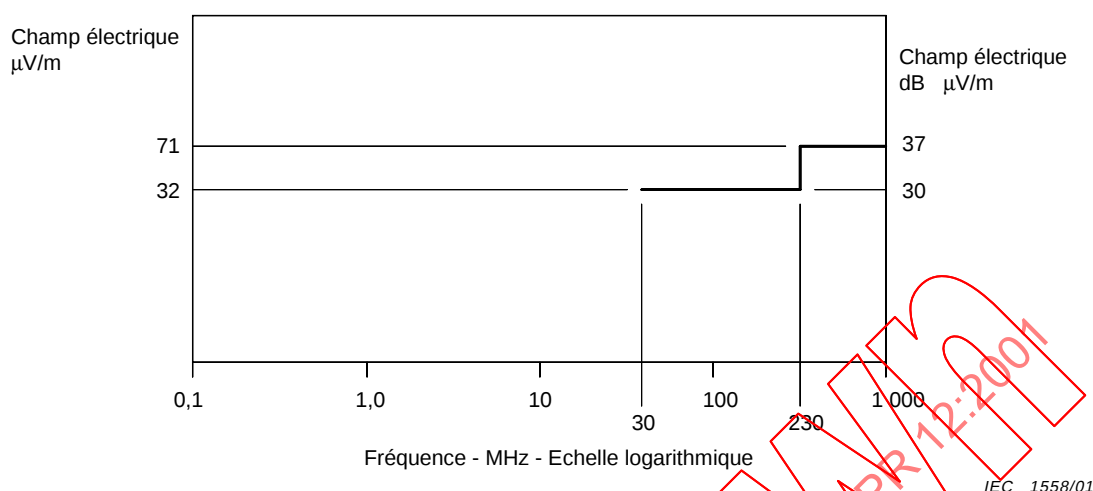
NOTE 4 Les limites pour la bande de fréquences de 1 GHz à 18 GHz sont à l'étude.

Figure 2 – Limites de perturbation (à large bande) avec une antenne placée à 10 m

4.3 Perturbations à bande étroite

La limite de rayonnement à bande étroite pour une mesure effectuée avec une antenne placée à 10 m est donnée à la figure 3. Cette limite s'applique pour des mesures effectuées à l'aide de détecteur crête ou quasi-crête. Les véhicules/bateaux/systèmes qui ne comportent aucun oscillateur opérant à une fréquence supérieure à 9 kHz doivent être considérés comme satisfaisant aux exigences bande étroite de ce paragraphe sans qu'aucun autre essai ne soit nécessaire. Les véhicules/bateaux/systèmes qui satisfont aux exigences de rayonnements à bande étroite de la section 2 du CISPR 25 doivent être considérés comme satisfaisant également aux exigences de bande étroite de ce paragraphe, et aucun autre essai n'est nécessaire.

Pour les mesures avec une antenne placée à 3 m, une valeur de 10 dB doit être ajoutée à la limite.



NOTE Les limites entre 150 kHz et 30 MHz sont à l'étude.

Figure 3 – Limites de perturbation (bande étroite) avec une antenne placée à 10 m

5 Méthodes de mesure

NOTE Les méthodes de mesure entre 1 GHz et 18 GHz sont à l'étude.

5.1 Exigences relatives à l'appareillage de mesure

5.1.1 Appareil de mesure

5.1.1.1 Type

L'appareil de mesure doit être conforme aux exigences du CISPR 16-1. Un balayage en fréquence manuel ou automatique peut être utilisé.

NOTE Les analyseurs de spectre ou les récepteurs à balayage sont particulièrement utilisés pour la mesure des perturbations. Le mode de détection crête des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage fournit une indication qui n'est jamais inférieure à l'indication en mode quasi-crête, cela pour une même largeur de bande passante d'analyse. Il peut être plus intéressant d'effectuer la mesure des rayonnements en mode de détection crête du fait du balayage qui peut être plus rapide qu'en mode de détection quasi-crête.

Lorsque les limites quasi-crête sont considérées et qu'un détecteur en mode crête est utilisé pour des raisons liées à la rapidité de mesure, toutes les mesures en valeur crête proches de la limite ou supérieures à celle-ci doivent être refaites en utilisant un détecteur quasi-crête.

5.1.1.2 Temps minimal de balayage

La valeur du temps de balayage d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à balayage doit être réglée en fonction de la bande de fréquences de mesure du CISPR et du mode de détection utilisé. Le rapport minimal temps de balayages/fréquence (c'est-à-dire correspondant au balayage le plus rapide), est indiqué au tableau 1.

For measurements at 3 m antenna distance, 10 dB shall be added to the limit.

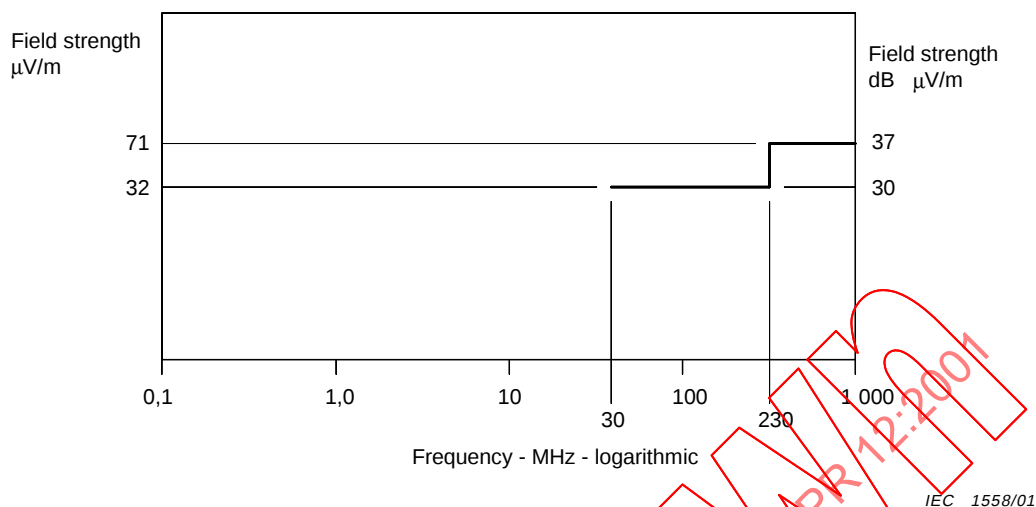


Figure 3 – Limits of disturbance (narrowband) at 10 m antenna distance

5 Methods of measurement

NOTE Methods of measurement from 1 GHz to 18 GHz are under development.

5.1 Measuring apparatus requirements

5.1.1 Measuring instrument

5.1.1.1 Type

The measuring instrument shall comply with the requirements of CISPR 16-1. Either manual or automatic frequency scanning may be used.

NOTE Spectrum analysers and scanning receivers are particularly useful for disturbance measurements. The peak detection mode of spectrum analysers and scanning receivers provides a display indication which is never less than the quasi-peak indication for the same bandwidth. It may be convenient to measure emissions using peak detection because of the faster scan possible than with quasi-peak detection.

When quasi-peak limits are being used and a peak detector is being used for time efficiency, any peak measurements at or above the single sample type test limit shall be remeasured using the quasi-peak detector.

5.1.1.2 Minimum scan time

The scan rate of a spectrum analyser or scanning receiver shall be adjusted for the CISPR frequency band and detection mode used. The minimum sweep time/frequency (i.e. the most rapid scan rate) is listed in table 1.

Tableau 1 – Temps de balayage minimal

Bande de fréquences		Détection crête	Détection quasi-crête
A	9 kHz à 150 kHz	Non applicable	Non applicable
B	0,15 MHz à 30 MHz	100 ms/MHz	200 s/MHz
C, D	30 MHz à 1 000 MHz	1 ms/MHz	20 s/MHz
Définition des bandes de fréquences selon le CISPR 16-1. Les bandes A et B ne sont pas utilisées dans la cinquième édition de cette norme.			
NOTE Certains signaux (tels que ceux à faible taux de répétition) peuvent nécessiter des balayages plus lents ou même plusieurs balayages de manière à être certain que l'amplitude maximale a été mesurée.			

5.1.1.3 Bande passante de l'appareil de mesure

La bande passante de l'appareil de mesure doit être choisie de manière que le seuil de bruit soit au moins de 6 dB inférieur à la courbe de limite. L'utilisation des bandes passantes indiquées dans le tableau 2 est recommandée.

NOTE Lorsque la bande passante de l'appareil de mesure est supérieure à la largeur de bande d'un signal à bande étroite, l'amplitude du signal mesuré ne sera pas affectée. La valeur indiquée pour un bruit impulsif à large bande sera inférieure lorsque la bande passante de l'appareil de mesure est réduite.

Tableau 2 – Bande passante recommandée pour l'appareil de mesure (6 dB)

Bande de fréquences MHz	Bande passante de l'appareil kHz
0,15 à 30 (non utilisé dans cette cinquième édition)	9
30 à 1 000	120

Lorsqu'un analyseur de spectre est utilisé pour des mesures en valeur crête, la bande passante vidéo doit être au moins égale à trois fois la bande passante de résolution.

5.1.2 Types d'antennes

5.1.2.1 Antenne de référence pour la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz

L'antenne de référence doit être l'antenne monopôle de 1 m définie dans le CISPR 16-1, polarisée verticalement, avec sa sortie tension référencée par rapport à un plan de masse de dimension et de forme appropriées à la technologie de l'antenne. (La dimension et la forme du plan de masse doivent être déterminées par le fabricant de l'antenne.)

Il convient que l'antenne monopôle soit connectée à l'appareil de mesure par un système de couplage (ou un «coupleur»), qui peut être actif ou passif, afin d'assurer une transformation haute impédance/basse impédance. Le système de couplage peut être monté soit au-dessous (préférable), soit au-dessus du plan de masse. Le coupleur doit être conçu pour fonctionner avec une ligne de transmission coaxiale 50 Ω et permettre une connexion de la sortie de l'antenne à l'entrée de l'appareil de mesure.

5.1.2.2 Antenne de référence pour la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

L'antenne de référence doit être un doublet symétrique (voir le CISPR 16-1). Les facteurs d'antenne en espace libre doivent être utilisés. Pour les fréquences égales ou supérieures à 80 MHz, l'antenne doit être accordée, et pour les fréquences inférieures à 80 MHz, elle doit être de longueur égale à la longueur d'onde correspondant à 80 MHz. Il doit être adapté au câble par l'intermédiaire d'un dispositif de transformation symétrique-asymétrique approprié.

Table 1 – Minimum scan time

Band		Peak detection	Quasi-peak detection
A	9 kHz to 150 kHz	Does not apply	Does not apply
B	0,15 MHz to 30 MHz	100 ms/MHz	200 s/MHz
C, D	30 MHz to 1 000 MHz	1 ms/MHz	20 s/MHz
Band definition from CISPR 16-1. Bands A and B are not used in the 5th edition of this standard.			
NOTE Certain signals (for example low repetition rate signals) may require slower scan rates or multiple scans to ensure that the maximum amplitude has been measured.			

5.1.1.3 Measuring instrument bandwidth

The bandwidth of the measuring instrument shall be chosen such that the noise floor is at least 6 dB lower than the limit curve. The bandwidths in table 2 are recommended.

NOTE When the bandwidth of the measuring instrument exceeds the bandwidth of a narrowband signal, the measured signal amplitude will not be affected. The indicated value of impulsive broadband noise will be lower when the measuring instrument bandwidth is reduced.

Table 2 – Recommended measuring instrument bandwidth (6 dB)

Frequency band MHz	Instrument bandwidth kHz
0,15 to 30 (not used in this fifth edition)	9
30 to 1 000	120

If a spectrum analyser is used for peak measurements, the video bandwidth shall be at least three times the resolution bandwidth.

5.1.2 Antenna types

5.1.2.1 Reference antenna for the frequency range of 150 kHz to 30 MHz

The antenna shall be the 1 m rod antenna of CISPR 16-1, vertically polarized, having its terminal voltage referenced to a counterpoise of the size and shape appropriate to the design of the antenna. (The size and shape of the counterpoise shall be determined by the antenna manufacturer.)

The rod antenna should be connected to the measuring instrument through a coupling unit (or "coupler"), which may be active or passive, to provide high-impedance to low-impedance transformation. The coupling unit may be mounted either below (preferred) or above the counterpoise. The coupler shall be designed to work into a 50 Ω coaxial transmission line to transfer the antenna output to the measuring instrument input.

5.1.2.2 Reference antenna for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz

The antenna shall be a balanced dipole (see CISPR 16-1). Free-space antenna factors are to be used. For frequencies of 80 MHz or above, the antenna shall be resonant in length, and for frequencies below 80 MHz it shall be the length equal to the 80 MHz resonant length. It shall be matched to the feeder by a suitable symmetric-asymmetric transformer device.

5.1.2.3 Antenne à large bande pour la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

Les antennes à polarisation linéaire sont autorisées dans la mesure où elles peuvent être étalonnées par rapport à l'antenne de référence.

Une antenne à large bande est nécessaire lorsque les mesures sont effectuées avec un système de réception automatisé utilisant un récepteur à balayage. Une telle antenne à large bande peut être utilisée pour la mesure des niveaux de rayonnement (dans la bande de fréquences couverte par la présente norme), dans la mesure où sa tension de sortie peut être rapportée à la tension de sortie de l'antenne de référence dans l'environnement d'essai réel de l'emplacement réel d'essai.

Lorsqu'on utilise des antennes à large bande, elles doivent être conformes aux exigences du CISPR 16-1 pour les antennes complexes. A titre d'exemple, les facteurs suivants sont à prendre en compte

- a) le diagramme de rayonnement de l'antenne donnant son angle d'ouverture, en polarisation horizontale et en polarisation verticale;
- b) l'effet du déplacement d'un centre de phase en fonction de la fréquence;
- c) l'effet des caractéristiques de réflexion du sol (y compris les réflexions multiples pouvant se produire à des fréquences spécifiques d'environ 500 MHz en polarisation verticale et 900 MHz en polarisation horizontale).

5.1.3 Etalonnage de l'antenne

5.1.3.1 Bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz

Voir l'annexe B pour les équations donnant les performances d'une antenne fouet (monopôle) et étalonnage de l'amplificateur d'adaptation de cette antenne.

5.1.3.2 Bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

Voir l'annexe C pour l'étalonnage d'autres antennes.

5.1.4 Précision

Le système de mesure constitué de l'antenne, de la ligne de transmission et de l'appareil de mesure, en excluant la source et le site de mesure, doit mesurer le champ électrique dans la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz avec une précision de ± 3 dB. Voir 5.5 du CISPR 16-1. La précision de la fréquence doit être meilleure que ± 1 %.

NOTE Afin de s'assurer que les mesures définies dans cette norme sont en accord avec les tolérances spécifiées, il convient que des précisions soient données concernant toutes les caractéristiques importantes des appareils de mesure (par exemple la stabilité en fréquence et en amplitude, la réjection de la fréquence image, l'intermodulation, les niveaux de saturation, la sélectivité, les constantes de temps et le rapport signal sur bruit), de même que les facteurs pouvant influencer l'antenne et la ligne de transmission.

5.1.5 Répétabilité

La répétabilité du système de mesure doit être établie et périodiquement vérifiée afin de détecter la variabilité; les caractéristiques des entrées/sorties de l'instrumentation de mesure doivent être vérifiées plus fréquemment.

NOTE Il est raisonnable d'obtenir des variations de l'ordre de ± 3 dB pour les mesures de champ électrique (voir article C.12) dans la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz. Celles-ci sont dues aux variations de la conductivité du sol et d'autres facteurs influençant la répétabilité.

5.1.2.3 Broadband antennas for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz

Any linearly polarized receiving antenna is permitted, provided that it can be normalized to the reference antenna.

A broadband antenna is required when making measurements with an automated receiving system using a scanning measuring instrument. Such a broadband antenna is usable for measuring emission levels (over the frequency spectrum covered by this standard), provided that its output can be normalized to the output of the reference antenna in the actual test environment at the actual test site.

When broadband antennas are used, they shall meet the requirements for complex antennas given in CISPR 16-1. Examples of factors to be considered include

- a) the effective aperture area of the antenna, including its polar response (horizontal and vertical planes);
- b) the effect of a phase centre which moves with frequency;
- c) the effect of ground reflection characteristics (including multiple-ray reflections which may arise at specific frequencies at about 500 MHz vertical polarization and 900 MHz horizontal polarization).

5.1.3 Antenna characteristics

5.1.3.1 Frequency range 150 kHz to 30 MHz

See annex B for rod antenna (monopole) performance equations and characterization of the rod antenna matching amplifier.

5.1.3.2 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

See annex C for alternate antenna characterization.

5.1.4 Accuracy

The measurement system consisting of the antenna, transmission line and the measuring instrument, but excluding the source and the measuring site, shall measure electric field strength over the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz with an accuracy of ± 3 dB. See 5.5 of CISPR 16-1. The frequency accuracy shall be better than ± 1 %.

NOTE To ensure that the measurements defined in this standard are within the stated tolerances, consideration should be given to all pertinent characteristics of measuring equipment (for example, frequency and amplitude stability, image rejection, cross-modulation, overload levels, selectivity, time constants, and signal/noise ratio), as well as those affecting the antenna and transmission line.

5.1.5 Repeatability

The repeatability of the measurement system shall be established and periodically checked to detect variability; the input/output characteristics of the measuring instrument shall be checked at shorter intervals of time.

NOTE It is reasonable to expect variations of as much as ± 3 dB in measurements made of an electric field (see clause C.12) within the range of 30 MHz to 1 000 MHz. These are caused by variations in ground conductivity and other factors influencing repeatability.

5.2 Exigences relatives à l'emplacement de mesure

5.2.1 Exigences pour les emplacements ouverts

5.2.1.1 Emplacement de mesure ouvert pour les véhicules et les engins

L'emplacement de mesure doit être une zone dégagée, libre de toute surface électromagnétiquement réfléchissante à l'intérieur d'un cercle de rayon minimal de 30 m centré en un point situé à mi-distance entre le véhicule ou l'engin et l'antenne. Exceptionnellement, l'appareillage de mesure et la cabine de mesure ou le véhicule le contenant (lorsqu'il est utilisé) peuvent être situés sur l'emplacement de mesure, mais uniquement dans la région autorisée, représentée par des hachures à la figure 4.

NOTE Les exigences pour l'emplacement définies en 5.2.1.1 et la figure 4 sont l'application du CISPR 16-1 pour les objets automobiles de grande dimension.

Les véhicules et les engins de longueur et largeur inférieures à 2 m peuvent être essayés sur un emplacement ouvert de dimensions correspondant aux figures 14 ou 15 du CISPR 16-1.

5.2.1.2 Emplacement de mesure ouvert pour les bateaux

L'emplacement de mesure doit être une zone dégagée, libre de toute surface électromagnétique réfléchissante à l'intérieur d'un cercle de rayon minimal de 30 m centré en un point situé entre le bateau ou l'engin en essai et l'antenne. Des exceptions pour les équipements de mesure sont précisées en 5.2.1.2.1 et en 5.2.1.2.2.

Les bateaux ou les moteurs à combustion interne ou électriques pour les bateaux essayés séparément doivent être mesurés avec de l'eau claire ou salée sur le site de mesure illustré à la figure 5.

5.2.1.2.1 Matériel de mesure à terre

Lorsque le matériel de mesure est placé sur la rive, la cabine de mesure ou le véhicule le contenant peut être situé sur l'emplacement de mesure, mais uniquement dans la région autorisée, représentée par la section hachurée à la figure 5. Si le matériel de mesure n'est pas placé dans une cabine de mesure ou un véhicule, il peut être situé sur l'emplacement de mesure, soit dans la région ombrée, soit dans la région hachurée décrite à la figure 5.

5.2.1.2.2 Matériel de mesure sur l'eau

Le matériel de mesure doit être installé sur un bateau non métallique ou une structure non métallique qui peuvent être situés sur l'emplacement de mesure, mais seulement dans la région autorisée indiquée par la surface ombrée ou hachurée à la figure 5.

NOTE La possibilité d'avoir un matériel de mesure dans la région ombrée (par opposition à l'emplacement de mesure décrit pour les véhicules à la figure 4), résulte d'un compromis suivant les problèmes de mesures particuliers liés aux essais des bateaux.

5.2 Measuring location requirements

5.2.1 Open Area Test Site (OATS) requirements

5.2.1.1 OATS for vehicles and devices

The test site shall be a clear area, free from electromagnetic reflecting surfaces within a circle of minimum radius 30 m measured from a point midway between the vehicle or device and the antenna. As an exception, the measuring equipment, and the test hut or vehicle in which the measuring equipment is located (when used) may be within the test site, but only in the permitted region indicated by the cross-hatched area of figure 4.

NOTE The site requirements defined in 5.2.1.1 and Figure 4 are the application of CISPR 16-1 to large automotive objects.

Vehicles and devices smaller than 2 m in length and width may be tested on a OATS with dimensions corresponding to CISPR 16-1, figures 14 or 15.

5.2.1.2 OATS for boats

The test site shall be a clear area free from electromagnetic reflecting surfaces within a circle of minimum radius 30 m measured from a point midway between the engine under test and the antenna. Exceptions for the measuring equipment are specified in 5.2.1.2.1 and also in 5.2.1.2.2.

Boats or engines/motors for boats tested separately shall be tested in salt or fresh water at a measuring site as shown in figure 5.

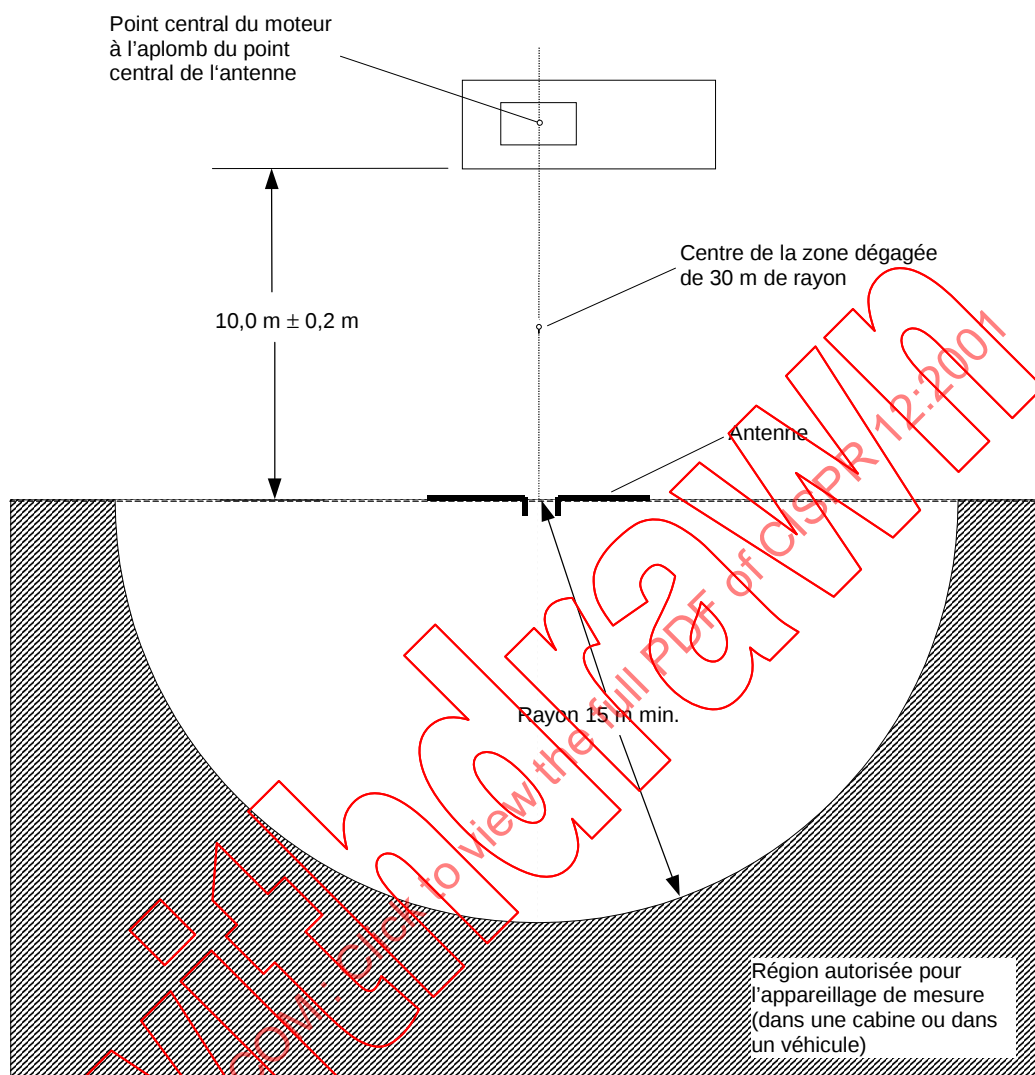
5.2.1.2.1 Land-based measuring equipment

When the measuring equipment is on land the test hut or vehicle in which the measuring equipment is located may be within the test site, but only in the permitted region indicated by the cross-hatched area of figure 5. If the measuring equipment is not in a hut or vehicle, it may be located within the test site in either the shaded or cross-hatched area of figure 5.

5.2.1.2.2 Water-based measuring equipment

The measuring equipment shall be installed in a non-metallic boat or non-metallic test fixture which may be within the test site, but only within the permitted region indicated by the shaded or cross-hatched areas of figure 5.

NOTE Allowing measuring equipment in the shaded area (as opposed to figure 4 for the vehicle test site) is a compromise for the special problems of boat testing.



IEC 1559/01

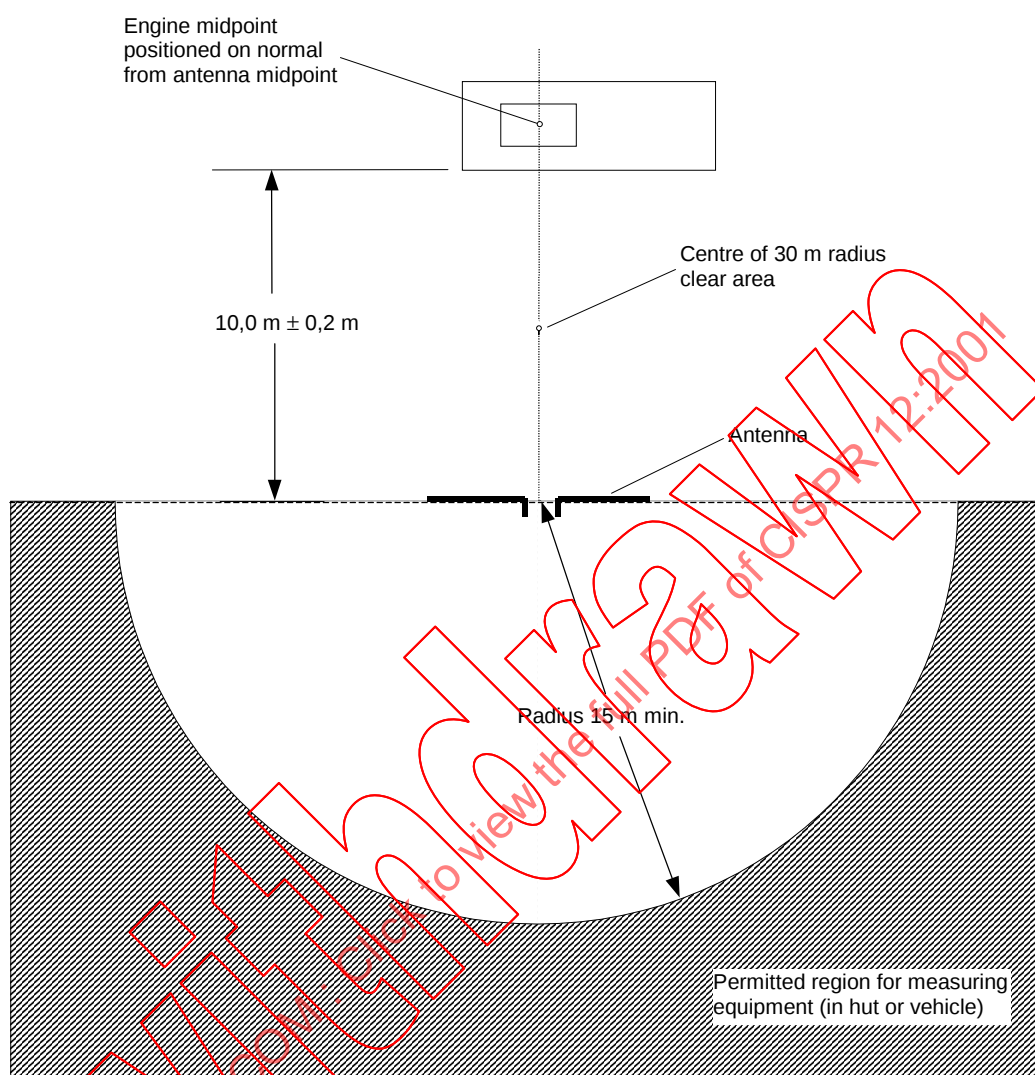
NOTE La distance de $10,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ peut être ramenée à $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ conformément à 5.2.3.2 et à 5.2.3.4.

Figure 4 – Emplacement de mesure ouvert pour les véhicules et les engins

5.2.1.3 Exigences relatives à l'environnement

Pour s'assurer qu'il n'existe pas de perturbations ni de signaux étrangers dont l'amplitude serait suffisante pour affecter sensiblement les mesures, on doit effectuer des mesures des signaux ambiants avant et après la mesure principale, le moteur, le bateau ou le système à essayer étant à l'arrêt. Pour ces deux mesures, le bruit ambiant (à l'exception des émissions radiofréquences volontaires) doit avoir un niveau inférieur d'au moins 6 dB par rapport aux limites indiquées à l'article 4. Lors de l'évaluation de la conformité suivant les exigences de l'article 6, toute émission excédant les limites nécessite de s'assurer qu'elles ne sont pas produites par les véhicules, les bateaux ou le système dans le but de les exclure.

NOTE Pour plus de précision, voir 5.6 du CISPR 16-1.



IEC 1559/01

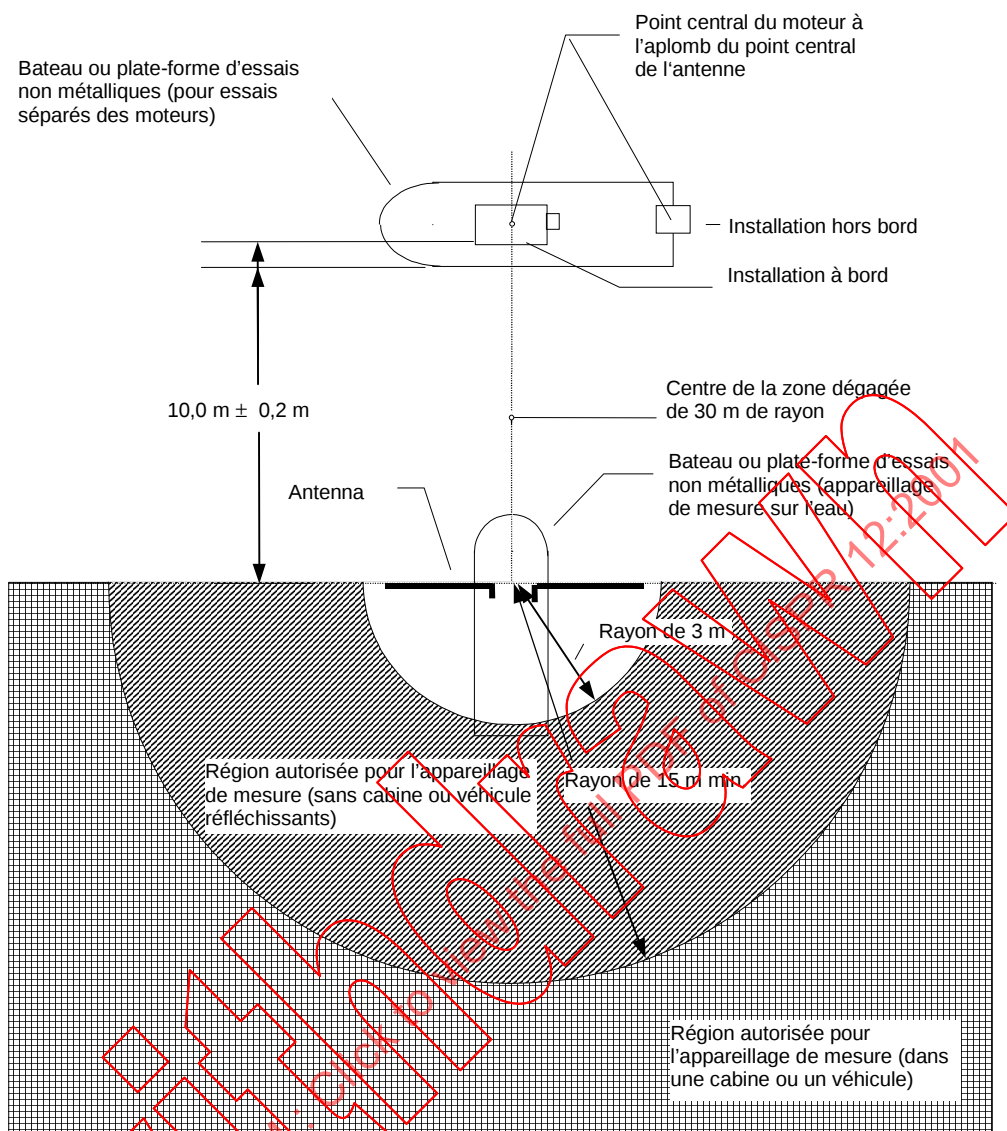
NOTE The 10,0 m $\pm$ 0,2 m dimension may be changed to 3,00 m $\pm$ 0,05 m in accordance with 5.2.3.2 and 5.2.3.4.

Figure 4 – Measuring site (OATS) for vehicles and devices

5.2.1.3 Ambient requirements

To ensure that there is no extraneous noise or signals of sufficient magnitude or density to affect materially the vehicle measurement, ambient measurements shall be taken before and after the main test, but without the vehicle/boat/device under test running. In both of these measurements, the ambient noise shall be at least 6 dB below the limits of disturbance given in clause 4, excluding intentional radiators. When assessing compliance in accordance with clause 6 any emission exceeding the limits shall require investigation to ensure that they are not attributable to the vehicle/boat/device in order to be excluded.

NOTE For further guidance, see 5.6 of CISPR 16-1.



IEC 1560/01

Figure 5 – Emplacement de mesure ouvert pour les bateaux

5.2.2 Exigences relatives aux chambres blindées munies d'absorbants

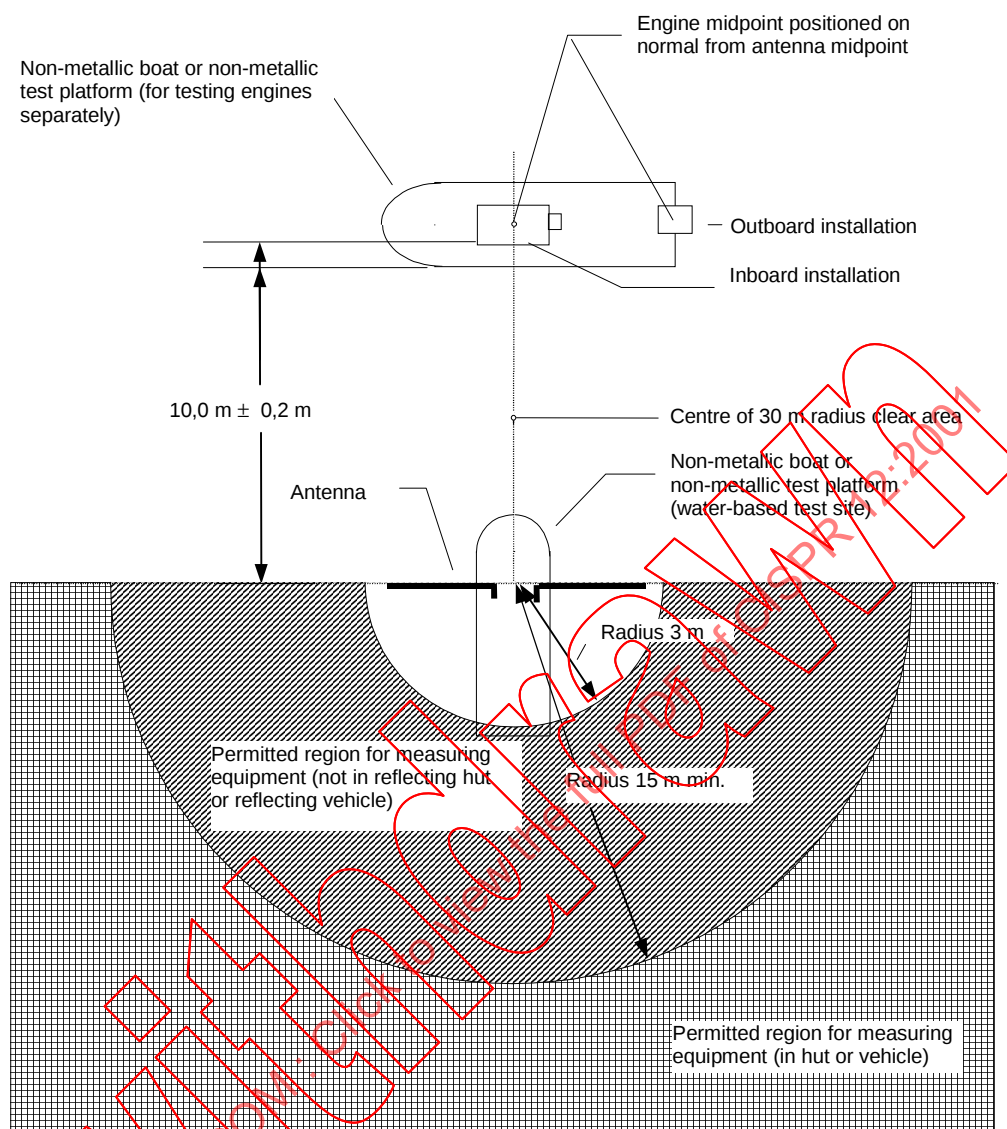
5.2.2.1 Corrélation

Des chambres blindées munies d'absorbants peuvent être utilisées, à condition que les résultats obtenus puissent être corrélés avec ceux obtenus en utilisant les emplacements de mesure ouverts décrits en 5.2.1.

NOTE Ces chambres présentent les avantages de pouvoir effectuer les essais par tous les temps et d'avoir une meilleure répétabilité en raison de la stabilité des caractéristiques électriques de la chambre.

5.2.2.2 Exigences relatives à l'environnement

Le niveau de bruit ambiant doit être au moins inférieur de 6 dB aux limites de perturbation données à l'article 4. Le niveau ambiant doit être vérifié périodiquement ou lorsque les résultats d'essai révèlent la possibilité d'une non-conformité.



IEC 1560/01

Figure 5 – Measuring site (OATS) for boats

5.2.2 Absorber lined shielded enclosure (ALSE) requirements

5.2.2.1 Correlation

Absorber lined shielded enclosures may be used provided that the results obtained can be correlated with those obtained using the OATS described in 5.2.1.

NOTE Such chambers have the advantages of all weather testing, controlled environment and improved repeatability because of stable chamber electrical characteristics.

5.2.2.2 Ambient requirements

The ambient noise level shall be at least 6 dB below the limits of disturbance given in clause 4. The ambient level shall be verified periodically or when test results indicate the possibility of non-compliance.

5.2.3 Exigences relatives à la position de l'antenne

A chaque fréquence de mesure entre 30 MHz et 1 000 MHz, les mesures doivent être effectuées pour les polarisations horizontale et verticale (voir figures 6 et 7). Pour les fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz, les mesures doivent être effectuées seulement pour la polarisation verticale.

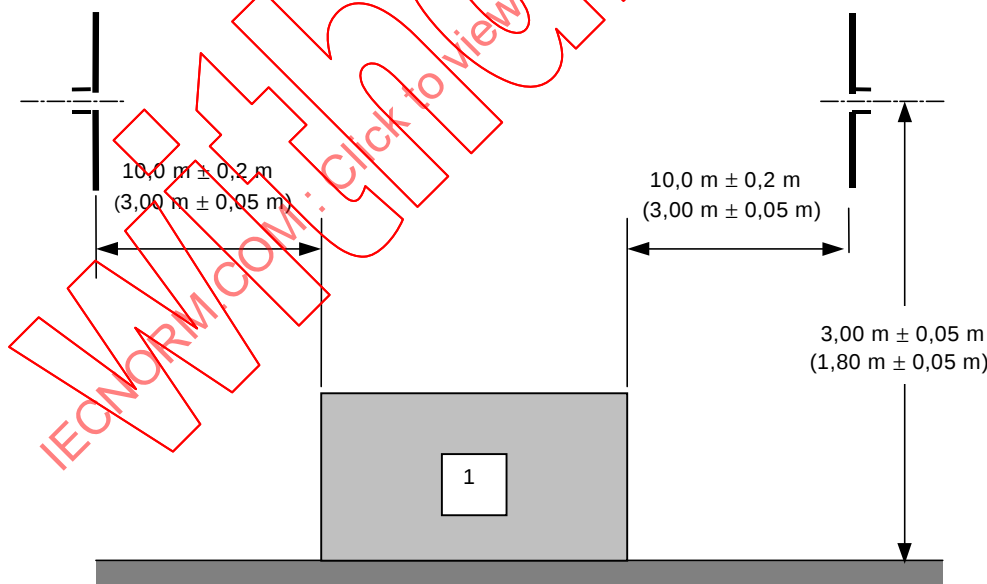
Les interactions électriques entre les éléments de l'antenne et son système de support doivent être évitées.

Des considérations théoriques concernant les antennes et la position des lignes de transmission nécessite que les éléments de l'antenne n'interagissent pas électriquement avec la ligne de transmission.

NOTE Une position de ligne de transmission acceptable pour une antenne dipôle est celle suivant une ligne horizontale située en arrière de celle-ci sur une distance de 6 m et à une hauteur de 3 m (ou 1,8 m, pour une distance de l'antenne de mesure de 3 m), avant de rejoindre le sol ou un niveau inférieur. D'autres géométries sont acceptables si l'on peut montrer qu'elles n'affectent pas les mesures ou si les effets rencontrés peuvent être pris en compte dans la procédure d'étalonnage de l'appareil.

5.2.3.1 Hauteur

Pour les fréquences comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz et une distance de l'antenne de 10 m, le centre de phase de l'antenne doit être placé à une hauteur de $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ au-dessus du sol/plancher ou de la surface de l'eau. Pour une distance de l'antenne de 3 m, la hauteur doit être de $1,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$. Pour les fréquences entre 150 kHz et 30 MHz, le plan de masse de l'antenne doit être placé le plus près possible du sol/plancher et doit être électriquement relié à celui-ci par des conducteurs ayant au maximum un rapport longueur sur largeur de 7:1.



IEC 1561/01

(Les dimensions correspondent à une distance de mesure de 3 m)
Dessin non à l'échelle

Légende

1 Equipement en essai

Figure 6 – Position de l'antenne pour la mesure de la composante verticale du champ rayonné

5.2.3 Antenna requirements

At each measuring frequency from 30 MHz to 1 000 MHz (including the end frequencies), measurements shall be taken for horizontal and vertical polarization (see figures 6 and 7). For frequencies from 150 kHz to 30 MHz, measurements shall be made only for vertical polarization.

Electrical interaction between the antenna elements and the antenna support/guy system shall be avoided.

Theoretical considerations of antenna and transmission line geometry demand that the transmission line does not interact electrically with the antenna elements.

NOTE One acceptable transmission line geometry for a dipole antenna routes the transmission line horizontally rearward for a distance of 6 m at a height of 3 m (or 1,8 m for the 3 m antenna distance) before descending to ground level or below. Other geometries are acceptable if they can be shown not to affect the measurements, or if the effects can be included in equipment calibration.

5.2.3.1 Height

For frequencies from 30 MHz to 1 000 MHz (including the end frequencies) and an antenna distance of 10 m, the centre of the antenna shall be $3,00\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$ above the ground/floor or water surface. For an antenna distance of 3 m, the height shall be $1,80\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$. For frequencies from 150 kHz to 30 MHz, the counterpoise of the antenna shall be as close to the ground/floor as physically possible and electrically bonded to the ground/floor with leads having a maximum length-to-width ratio of 7:1.



IEC 1561/01

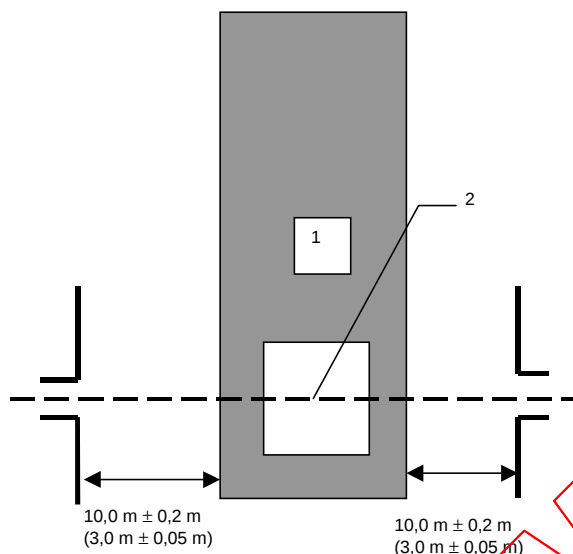
(Dimensions in brackets are for 3 m antenna distance testing.)

Drawing not to scale

Key

- 1 Equipment under test

Figure 6 – Antenna position to measure emissions – Vertical polarization



(Les dimensions entre parenthèses correspondent à une distance de mesure de 3 m)

Dessin non à l'échelle

Légende

- 1 Equipement en essai
- 2 Point central du moteur à l'aplomb du point central de l'antenne

Figure 7 – Position de l'antenne pour la mesure de la composante horizontale du champ rayonné

5.2.3.2 Distance

La distance horizontale préférentielle de l'antenne et la partie métallique la plus rapprochée du véhicule ou de l'engin doit être de $10,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$; sinon, les mesures peuvent être effectuées à une distance de $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$, à condition que les exigences de 5.2.4 soient respectées.

5.2.3.3 Antennes auxiliaires (multiples)

5.2.3.3.1 Bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz

Il est possible d'utiliser une antenne monopôle située de chaque côté du véhicule, avec la même polarisation.

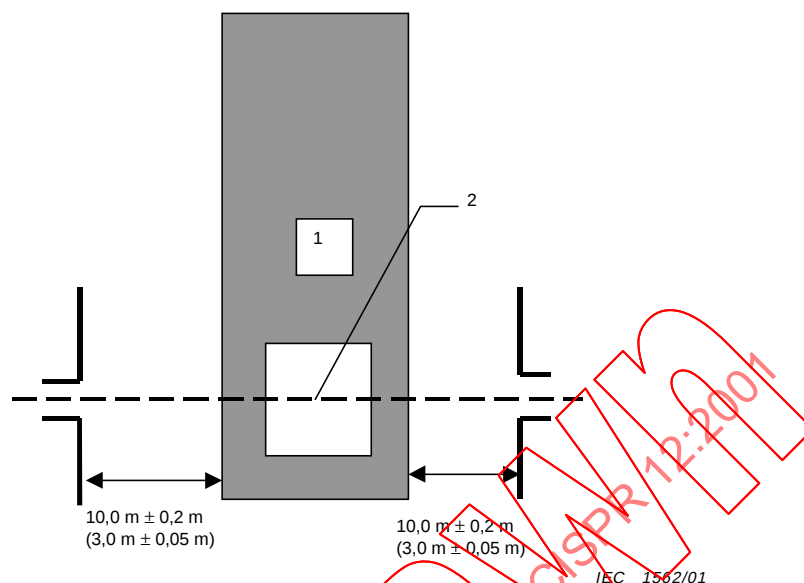
5.2.3.3.2 Bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

Des antennes auxiliaires sont autorisées, mais si deux antennes sont placées en regard l'une de l'autre, l'une doit être polarisée verticalement tandis que l'autre est polarisée horizontalement.

Les exigences de l'emplacement de mesure de 5.2.1.1 doivent être également appliquées au point situé à mi-distance entre le véhicule ou l'engin et le ou les antennes auxiliaires.

5.2.4 Positions multiples des antennes (uniquement pour une distance d'antenne de 3 m)

Plusieurs positions d'antennes sont nécessaires si la longueur du véhicule ou de l'engin est supérieure à la largeur du faisceau de 3 dB de l'antenne. Les mêmes positions doivent être utilisées pour les mesures en polarisation verticale et horizontale.



(Dimensions in brackets are for 3 m antenna distance testing)

Drawing not to scale

Key

- 1 Equipment under test
- 2 Engine midpoint positioned on normal from antenna midpoint

Figure 7 – Antenna position to measure emissions – Horizontal polarization

5.2.3.2 Distance

The preferred horizontal distance of the antenna to the nearest metal part of the vehicle or device shall be $10,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$; as an alternate, measurements may be made at a distance of $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$, provided that the requirements of 5.2.4 are met.

5.2.3.3 Auxiliary (multiple) antennas

5.2.3.3.1 Frequency range 150 kHz to 30 MHz

It is acceptable to use a rod antenna on each side of a vehicle in the same polarization.

5.2.3.3.2 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

Auxiliary antennas are permitted, but if two antennas are facing each other, one shall be vertically polarized while the other is horizontally polarized.

The test site clear area requirement of 5.2.1.1 shall be applied also to the point midway between the vehicle or device and the auxiliary antenna(s).

5.2.4 Multiple antenna positions (3 m antenna distance only)

Multiple antenna positions are required if the length of the vehicle or device is greater than the 3 dB beamwidth of the antenna. The same positions shall be used for both horizontal and vertical polarization measurements.

Plusieurs positions d'antennes peuvent être évitées dans le cas où les émissions mesurées présentent un niveau de l'antenne inférieur aux valeurs de la limite, réduite d'un gain calculé à partir des dimensions géométriques du banc d'essais et du gain d'antenne (voir annexe H).

NOTE Une antenne log périodique typique présente une largeur de faisceau à 3 dB d'environ 60°. Il en résulte une «illumination» d'environ 3,5 m à une distance de 3 m de l'antenne, par exemple de 1,75 m de part et d'autre de l'axe de l'antenne. En conséquence, un véhicule de 8 m de long nécessite trois positions d'antenne de chaque côté afin de quantifier la «signature en émission» de ce véhicule.

5.3 Conditions pour l'objet à l'essai

5.3.1 Généralités

Les mesures effectuées sur véhicule/bateau/engin ou effectuées plus de 10 min après que la précipitation se soit arrêtée sont préférables. Pour les bateaux avec moteur extérieur ou avec moteur électrique de propulsion et les engins avec moteur extérieur, toutes les surfaces normalement en contact avec l'eau, lorsqu'ils sont en fonctionnement, ne doivent pas être soumises à ce critère d'humidité.

NOTE La rosée ou l'humidité légère peuvent sérieusement affecter les résultats obtenus sur des engins pourvus d'un habillage plastique.

Pour les méthodes d'évaluation de la conformité des systèmes qui ne sont pas secs, voir l'article 6.

5.3.2 Véhicules et bateaux

Les mesures doivent être effectuées sur les côtés gauche et droit du véhicule (voir figures 6 et 7).

Tous les équipements qui sont mis en œuvre automatiquement avec le système de propulsion doivent être mesurés pendant le fonctionnement, de manière aussi représentative que possible du fonctionnement normal. Le moteur doit être à sa température normale de fonctionnement.

Différents systèmes de propulsion sur le même véhicule ou bateau (système hybride) doivent être essayés séparément.

Pour les véhicules ou les bateaux équipés d'un moteur à combustion interne, le régime du moteur pendant chaque mesure doit être celui représenté au tableau 3. La vitesse du moteur est la même pour mesure en mode quasi-crête ou en crête.

Tableau 3 – Vitesses de fonctionnement d'un moteur à combustion interne

Nombre de cylindres	Vitesse du moteur min ⁻¹ ±10 %
1	2 500 tr/min
>1	1 500 tr/min

Les conditions de mesure pour les véhicules équipés d'un moteur électrique de propulsion sont décrites comme suit.

- Les roues du véhicule doivent être placées sur un dynamomètre sans charge ou sur support axial non conducteur et actionnées à une vitesse constante de 40 km/h, ou à la vitesse maximale du véhicule, si celle-ci est inférieure à 40 km/h.
- Les mesures doivent être effectuées uniquement avec une détection crête.

NOTE Une prescription pour les bateaux entraînés par un moteur électrique est à l'étude.

Multiple antenna positions can be avoided in the case where the measured emissions are lower than the original limit values minus a gain reduction calculated from the geometric dimensions of the test set-up and the antenna gain data (see annex H).

NOTE A typical log periodic antenna has a 3 dB beamwidth of approximately 60°. This results in about 3,5 m of illumination at 3 m antenna distance, for example, 1,75 m on either side of the antenna centre line. Thus, a vehicle 8 m long requires three antenna positions on each side to quantify the radiation signature of that vehicle.

5.3 Test object conditions

5.3.1 General

Measurements made while the vehicle/boat/device is dry or made more than 10 min after precipitation has stopped falling are preferred. For outboard engines or propulsion motors and devices, all surfaces normally in contact with water while in use shall be exempt from the dryness criteria.

NOTE Dew or light moisture may seriously affect readings obtained on test objects having plastic enclosures.

For methods of evaluating compliance based on test object dryness see clause 6.

5.3.2 Vehicles and boats

Measurements shall be made on the left and right sides of the vehicle or boat (see figures 6 and 7).

All equipment which is automatically switched on together with the propulsion system shall be measured while operating in a manner which is as representative of normal operation as possible. The engine shall be at normal operating temperature.

Different propulsion systems in the same vehicle or boat (hybrid systems) shall be tested separately.

For vehicles or boats equipped with an internal combustion engine, the engine shall be operated during each measurement as shown in table 3. The specified engine speed is the same for quasi-peak or peak measurements.

Table 3 – Internal combustion engine operating speeds

Number of cylinders	Engine speed $\text{min}^{-1} \pm 10 \%$
1	2 500 rev/min
>1	1 500 rev/min

For vehicles equipped with an electric propulsion motor, the vehicle shall be operated during each measurement as follows.

- The vehicle shall be driven on a dynamometer without a load, or on non-conductive axle stands, with a constant speed of 40 km/h, or the maximum speed, if this is less than 40 km/h.
- Measurements shall be taken with peak detector only.

NOTE A specification for electrically driven boats is under consideration.

Les moteurs auxiliaires doivent être mis en fonctionnement comme il est prévu et, dans la mesure du possible, essayés séparément du moteur principal.

En fonction de la position des moteurs auxiliaires, cette exigence peut conduire à des essais multiples du véhicule ou du bateau, chacun des différents moteurs étant placé successivement devant l'antenne pour les essais successifs.

Lorsqu'ils sont essayés séparément, les moteurs intérieurs, hors-bord ou d'étambot ainsi que les moteurs de propulsion doivent être montés sur un bateau ou un bâti d'essais non métallique, et essayés d'une manière similaire à celle prescrite pour les bateaux à moteur intérieur.

5.3.3 Engins

Les mesures doivent être effectuées pour la ou les positions et hauteurs correspondant à un fonctionnement normal pour un fonctionnement correspondant à une charge normale et sans charge, au ralenti et dans la direction du rayonnement perturbateur maximal. Lorsque cela est possible en pratique, l'engin à l'essai doit être mesuré dans trois plans orthogonaux.

S'il y a lieu, les conditions suivantes doivent, en outre, être prises en compte:

- si la position de fonctionnement et la hauteur sont variables, l'engin à essayer doit être placé de telle façon que la bougie d'allumage se trouve à $1,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ au-dessus du sol;
- aucune personne ne doit être présente mais, si nécessaire, un montage mécanique doit être construit en utilisant des matériaux non métalliques dans la mesure du possible, afin de maintenir l'engin dans la ou les positions normales et la vitesse spécifiée pour le moteur.

5.4 Fréquences d'essai

Les valeurs limites doivent s'appliquer dans la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz pour les émissions à large bande et à bande étroite et, par conséquent, les caractéristiques de perturbation doivent être évaluées dans toute cette bande de fréquences.

5.5 Enregistrement des données

On doit effectuer un balayage en fréquence sur toute la bande de fréquences requise; des mesures à des fréquences ponctuelles sont seulement acceptables si elles sont effectuées conformément à 6.5.

Les résultats des mesures quasi-crête pour les émissions à large bande doivent être exprimés en $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ pour l'évaluation statistique.

Les résultats de mesure crête pour les émissions à large bande doivent être exprimés avec l'une des largeurs de bande indiquées à la figure 2. Pour l'évaluation statistique, l'unité logarithmique $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ doit être utilisée.

Pour les mesures crête d'émission à large bande, les limites données à la figure 2 peuvent se référer à des largeurs de bandes autres que 120 kHz ou 1 MHz, les valeurs lues étant corrigées en ajoutant un facteur de correction égal à $20 \lg [(\text{largeur de bande utilisée (kHz)} / 120 \text{ kHz})]$ ou $20 \lg [(\text{largeur de bande utilisée (MHz)} / 1 \text{ MHz})]$.

Pour l'évaluation statistique des mesures bande étroite, l'unité logarithmique $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ doit être utilisée.

Auxiliary engines shall be operated in their normal intended manner and tested separately from the main engine, if possible.

Depending upon the location of auxiliary engines, this requirement may dictate multiple tests of the vehicle or boat with the several engines successively positioned in front of the antenna on successive tests.

When tested separately, inboard, stern drive, and outboard engines or propulsion motors for boats shall be attached to a non-metallic board or non-metallic test fixture and tested in a way similar to that specified for boats with inboard engines/motors.

5.3.3 Devices

Measurements shall be made in normal operation position(s) and height(s), under normal full load and without load at idle speed, and in the direction of the maximum disturbance emission. Where practical, the device under test shall be measured in three orthogonal planes.

Depending on the situation, the following conditions shall also be taken into account:

- if the operating position and height are variable, the device to be tested shall be so positioned that the spark plug is $1,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ above the ground;
- no operator shall be present, but, if necessary, a mechanical arrangement shall be made, using non-metallic material as far as possible, to keep the device in normal position(s) and at the specified engine speed.

5.4 Test frequencies

The limits shall apply throughout the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz for broadband and narrowband emissions and therefore the disturbance characteristics shall be assessed throughout this frequency range.

5.5 Data collection

The entire required frequency range shall be scanned; spot frequency testing is only acceptable as used in 6.5.

The results of quasi-peak broadband measurements shall be expressed in terms of $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ for statistical evaluation.

The results of peak broadband measurements shall be expressed in accordance with one of the bandwidths shown in figure 2. For statistical evaluation, the logarithmic unit $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ shall be used.

For peak broadband detector measurements, the limits given in figure 2 may be related to bandwidths other than 120 kHz or 1 MHz by adding a correction factor of $20 \lg [\text{bandwidth (kHz)}/120 \text{ kHz}]$ or $20 \lg [\text{bandwidth (MHz)}/1 \text{ MHz}]$.

For statistical evaluation of narrowband measurements, the logarithmic unit $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ shall be used.

6 Méthodes de vérification de la conformité aux exigences du CISPR

6.1 Généralités

Certaines différences dans la construction des véhicules ou des engins n'ont probablement pas une influence significative sur le rayonnement perturbateur dû à l'allumage. Pour des véhicules routiers, des exemples de telles différences sont donnés à l'annexe D.

6.2 Courbes de limites applicables

6.2.1 Mesures dans des conditions sèches

Les mesures de certification effectuées sur le véhicule, le bateau ou l'engin lorsqu'ils sont secs (voir 5.3.1) ou effectuées plus de 10 min après que la précipitation se soit arrêtée, doivent utiliser les courbes limites présentées aux figures 2 et 3.

6.2.2 Mesures dans des conditions humides

Si les circonstances imposent que les mesures de certification soient effectuées pendant des précipitations, ou dans les 10 min après que celles-ci se sont arrêtées, le véhicule ou le bateau doit être jugé conforme aux exigences de cette norme si les niveaux mesurés ne dépassent pas un niveau de 10 dB inférieur aux limites présentées aux figures 2 et 3.

En cas de contestation concernant cette conformité, les mesures doivent être réalisées dans des conditions sèches.

La conformité basée sur les mesures réalisées de bonne foi dans des conditions humides (en tenant compte des contraintes mentionnées ci-dessus) doit rester valide jusqu'à ce que celle-ci puisse être contestée et que les mesures dans des conditions sèches prouvent la non-conformité. Dans ce cas, la révision des véhicules, engins ou bateaux vendus pendant cette période alors qu'une conformité acceptable a été obtenue ne doit pas être exigée.

Lorsque la conformité est jugée sur la base de mesures dans des conditions humides, des précautions particulières doivent être prises pour la surveillance de la production en série.

6.3 Evaluation (cas général)

Pour l'évaluation de véhicules, de bateaux ou d'engins, la totalité des données obtenues à partir d'un balayage doivent être utilisées.

Pour l'analyse statistique sur plusieurs véhicules, bateaux ou engins, les niveaux caractéristiques et les processus de calcul de l'annexe A doivent être utilisés. Les niveaux doivent être comparés à la limite à la fréquence représentative pour la sous-bande appropriée.

L'analyse statistique des données crête pour les émissions à large bande obtenues à partir de plusieurs véhicules doit être effectuée en utilisant des données se référant à la même largeur de bande de mesure.

6.4 Essai d'homologation type

La conformité aux exigences de l'article 4 doit être vérifiée comme suit.

6.4.1 Spécimen unique

Les mesures peuvent être effectuées sur un prototype de véhicule, bateau ou engin provenant d'une série récente de production. Les résultats doivent être d'au moins 2 dB inférieurs aux limites spécifiées à l'article 4.

6 Methods of checking for compliance with CISPR requirements

6.1 General

Some differences in the construction of vehicles or devices are unlikely to have a significant effect on ignition noise emissions. For road vehicles, examples of such differences are given in annex D.

6.2 Application of limit curves

6.2.1 Measurements under dry conditions

Certification measurements made while the vehicle/boat/device is dry (see 5.3.1), or made more than 10 min after the precipitation has stopped falling shall use the limit curves shown in figures 2 and 3.

6.2.2 Measurements under wet conditions

If circumstances dictate that type approval measurements be made while precipitation is falling, or within 10 min after it has stopped, the vehicle/boat/device shall be deemed to comply with the requirements of this standard if the measured levels do not exceed a level 10 dB below that shown in figures 2 and 3.

In the event of any dispute concerning compliance, it shall be resolved by carrying out measurements under dry conditions.

Compliance based on good-faith wet measurements (and with the performance penalty mentioned above) shall remain valid until such time as it may be contested and dry measurements prove non-compliance. In such cases retrofitting of vehicles, boats, or devices sold during the period when there was deemed compliance shall not be required.

When compliance is deemed on the basis of wet measurements, then particular attention shall be paid to the surveillance of series production.

6.3 Evaluation (general)

For evaluation of a vehicle/boat/device the data from a complete scan shall be used.

For statistical analysis of multiple vehicles/boats/devices, the characteristic levels and calculation process of annex A shall be used. The levels shall be compared to the limit at the representative frequency for the appropriate sub-band.

Statistical analysis of peak broadband data from multiple vehicles shall be performed using data related to the same measurement bandwidth.

6.4 Type approval test

Compliance with the requirements given in clause 4 shall be checked as follows.

6.4.1 Single sample

Measurements may be made on a prototype vehicle/boat/device of a later production series. The results shall be at least 2 dB below the limits specified in clause 4.

6.4.2 Plusieurs spécimens (optionnel)

Si l'option de plusieurs spécimens est choisie, les essais doivent être effectués sur cinq véhicules, bateaux ou engins supplémentaires ou plus et les résultats doivent être combinés avec les résultats du premier essai obtenu en 6.4.1. Le résultat pour chaque sous-bande de fréquences doit être inférieur aux limites spécifiées à l'article 4, à la fréquence représentative de cette sous-bande (voir 6.3).

6.5 Surveillance de la production de série

6.5.1 Spécimen unique

Les résultats des mesures effectuées sur un seul véhicule ou engin peuvent être supérieurs de 2 dB aux valeurs limites spécifiées à l'article 4.

6.5.2 Plusieurs spécimens (optionnel)

Si l'option de plusieurs spécimens est choisie, les essais doivent être effectués sur cinq spécimens supplémentaires ou plus, et les résultats combinés avec les résultats obtenus à partir du premier essai en 6.5.1. Les résultats pour chaque sous-bande de fréquences doivent être évalués statistiquement comme défini à l'annexe A; le résultat pour chaque sous-bande doit être au plus de 2 dB au-dessus des limites spécifiées à l'article 4 à la fréquence représentative de cette sous-bande (voir 6.3).

6.6 Vérification rapide sur un prototype pour un essai en cours de développement (à large bande seulement)

Un essai optionnel peut être réalisé afin de déterminer les niveaux approximatifs d'émission du véhicule ou engin afin de savoir s'il est probable que les niveaux respectent les limites de l'article 4. Des mesures spécifiques aux fréquences représentatives sont suggérées à l'annexe A.

6.4.2 Multiple samples (optional)

If optional multiple samples are tested, five or more additional vehicles/boats/devices shall be tested and the results combined with the data from the first test in 6.4.1. The result for each frequency sub-band shall be below the specified limits of clause 4 at the representative frequency for that sub-band (see 6.3).

6.5 Surveillance (quality audit) of series production

6.5.1 Single sample

The results of the measurements on one vehicle or device shall be a maximum of 2 dB above the specified limits of clause 4.

6.5.2 Multiple samples (optional)

If optional multiple samples are tested, five or more additional vehicles/boats/devices shall be tested and the results combined with the data from the first test in 6.5.1. The results for each sub-band shall be evaluated statistically, as described in annex A; the result for each frequency sub-band shall be a maximum of 2 dB above the specified limit of clause 4 at the representative frequency for that sub-band (see 6.3).

6.6 Quick prototype check for development testing (broadband emissions only)

An optional test may be made to determine the approximate levels of emission of the vehicle or device to determine whether the levels are likely to meet the limit of clause 4. Specific measurements at the representative frequencies in annex A are suggested.

Annexe A (normative)

Analyse statistique des résultats de mesure

A.1 Nombre de véhicules, de bateaux ou d'engins

La condition suivante doit être remplie pour permettre d'assurer, avec une probabilité de 80 %, que 80 % des véhicules, des bateaux ou d'engins produits en série sont conformes à la limite spécifiée L .

$$\bar{x} + kS_n \leq L \quad (\text{A.1})$$

où

$\bar{x}$ est la moyenne arithmétique des résultats sur n véhicules, bateaux ou engins;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (\text{A.2})$$

où

x_i est le résultat individuel;

k est le facteur statistique dépendant de n donné dans le tableau A.1:

Tableau A.1 – Facteurs statistiques

n	6	7	8	9	10	11	12
k	1,42	1,35	1,30	1,27	1,24	1,21	1,20

S_n est l'écart type des résultats sur n véhicules ou engins de production.

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{A.3})$$

S_n , x_i , $\bar{x}$ et L sont exprimés en unités logarithmiques identiques (par exemple dB(μV/m), dB(μV), etc.).

Si le premier échantillon de n véhicules, bateaux ou engins ne satisfait pas aux spécifications, un deuxième échantillon de N véhicules, bateaux ou engins doit être soumis à l'essai et tous les résultats sont considérés comme venant d'un échantillon de $n + N$ véhicules, bateaux ou engins.

NOTE Pour une information générale sur la théorie statistique et son application, voir le CISPR 16-3.

A.2 Sous-bandes de fréquences pour analyse

Pour analyse, la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz doit être divisée en un minimum de 22 bandes et la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz doit être divisée en un minimum de 14 bandes avec approximativement trois bandes dans chaque octave (rapport en fréquence de 2:1). Pour les régions fréquentielles où la limite n'est pas constante (c'est-à-dire les pentes), le rapport de la plus haute fréquence sur la plus basse fréquence dans chaque bande ne doit pas être supérieur à 1,34. Voir le tableau A.2 pour un exemple de sous-bandes.

Annex A (normative)

Statistical analysis of the results of measurements

A.1 Number of vehicles/boats/devices

The following condition shall be fulfilled in order to ensure, with an 80 % degree of confidence, that 80 % of mass-produced vehicles/boats/devices conform to a specified limit L :

$$\bar{x} + kS_n \leq L \quad (\text{A.1})$$

where

$\bar{x}$ is the arithmetical mean of the results on n vehicles/boats/devices.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (\text{A.2})$$

where

x_i is the individual result;

k is the statistical factor dependent on n , as given by Table A.1:

Table A.1 – Statistical factors

n	6	7	8	9	10	11	12
k	1,42	1,35	1,30	1,27	1,24	1,21	1,20

S_n is the standard deviation of results on n assembly line units.

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{A.3})$$

S_n , x_i , $\bar{x}$ and L are expressed in identical logarithmic units (for example dB(μV/m), dB(μV), etc.).

If a first sample of n vehicles/boats/devices does not meet the specifications, a second sample of N vehicles/boats/devices shall be tested and all results assessed as coming from a sample of $n + N$ vehicles/boats/devices.

NOTE See CISPR 16-3 for a more comprehensive discussion of statistical theory and application.

A.2 Frequency sub-bands for analysis

For analysis, the frequency range 150 kHz to 30 MHz shall be divided into a minimum of 22 bands and the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz shall be divided into a minimum of 14 bands with approximately three bands in each octave (2:1 frequency ratio). For the regions where the limit is not constant (i.e. slopes), the ratio of the highest frequency to the lowest frequency in each band shall be no greater than 1,34. See table A.2 for an example of sub-bands.

A.3 Enregistrement des données

Chaque sous-bande doit être balayée afin de déterminer le niveau d'émission maximal (c'est-à-dire le niveau caractéristique). Les niveaux caractéristiques pour chaque sous-bande doivent être comparés à la limite pour la fréquence représentative pour cette sous-bande, telle qu'elle est déterminée par les méthodes de l'article 6.

Tableau A.2 – Exemple de sous-bandes de fréquences
(Les sous-bandes pour les fréquences inférieures à 30 MHz ne sont pas utilisées dans la cinquième version de cette norme)

Sous-bande de fréquences MHz	Fréquence représentative MHz
0,15 à 0,20	0,18
0,20 à 0,26	0,23
0,26 à 0,33	0,30
0,33 à 0,40	0,37
0,40 à 0,52	0,46
0,52 à 0,66	0,60
0,66 à 0,80	0,74
0,80 à 1,05	0,95
1,05 à 1,40	1,2
1,40 à 1,80	1,6
1,80 à 2,40	2,1
2,40 à 3,20	2,8
3,20 à 3,80	3,5
3,80 à 4,80	4,3
4,80 à 6,00	5,4
6,00 à 7,50	6,8
7,50 à 9,50	8,0
9,50 à 12,0	10,8
12 à 15	13,5
15 à 19	17
19 à 24	21
24 à 30	27
30 à 34	32
34 à 45	40
45 à 60	55
60 à 80	70
80 à 100	90
100 à 130	115
130 à 170	150
170 à 225	200
225 à 300	270
300 à 400	350
400 à 525	460
525 à 700	600
700 à 850	750
850 à 1 000	900

NOTE Les limites pour la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz sont à l'étude.

A.3 Data collection

Each sub-band shall be scanned to determine its maximum emission level (i.e. the characteristic level). The characteristic levels for each sub-band shall be compared to the limit at the representative frequency for that sub-band, as determined by the methods of clause 6.

Table A.2 – Example of frequency sub-bands
(Sub-bands below 30 MHz are not used in the fifth edition of this standard)

Frequency sub-band MHz	Representative frequency MHz
0,15 to 0,20	0,18
0,20 to 0,26	0,23
0,26 to 0,33	0,30
0,33 to 0,40	0,37
0,40 to 0,52	0,46
0,52 to 0,66	0,60
0,66 to 0,80	0,74
0,80 to 1,05	0,95
1,05 to 1,40	1,2
1,40 to 1,80	1,6
1,80 to 2,40	2,1
2,40 to 3,20	2,8
3,20 to 3,80	3,5
3,80 to 4,80	4,3
4,80 to 6,00	5,4
6,00 to 7,50	6,8
7,50 to 9,50	8,0
9,50 to 12,0	10,8
12 to 15	13,5
15 to 19	17
19 to 24	21
24 to 30	27
30 to 34	32
34 to 45	40
45 to 60	55
60 to 80	70
80 to 100	90
100 to 130	115
130 to 170	150
170 to 225	200
225 to 300	270
300 to 400	350
400 to 525	460
525 to 700	600
700 to 850	750
850 to 1 000	900

NOTE Limits for the range of 150 kHz to 30 MHz are under consideration.

Annexe B (informative)

Equations donnant les performances d'une antenne fouet (monopôle) et étalonnage de l'amplificateur d'adaptation de cette antenne – Méthode de substitution par capacité équivalente ¹

B.1 Méthode d'étalonnage

La méthode de substitution par capacité équivalente utilise une antenne fictive à la place de l'antenne monopôle concernée. Le composant principal de cette antenne fictive est un condensateur de valeur égale à la capacité intrinsèque de l'antenne fouet ou monopôle. Cette antenne fictive est alimentée par une source de signal et la mesure est effectuée à la sortie du coupleur ou aux bornes de l'antenne en utilisant la configuration d'essai représentée à la figure B.1. Le facteur d'antenne (AF) en dB(1/m) est donné par l'équation (B.1).

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (B.1)$$

où

V_D est le signal mesuré à la sortie du générateur en dB(μV);

V_L est le signal mesuré à la sortie du coupleur en dB(μV);

C_h est le facteur de correction de la hauteur (pour la hauteur effective) en dB(m).

Pour l'antenne monopôle de 1 m utilisée habituellement dans les mesures CEM, la hauteur effective (h_e) est de 0,5 m, le facteur de correction de la hauteur (C_h) est de –6 dB(m) et la capacité intrinsèque (C_a) est de 10 pF.

NOTE Voir l'article B.3 pour calculer la hauteur effective, le facteur de correction pour la hauteur et la capacité intrinsèque des antennes monopoles de dimensions non habituelles.

L'une des deux procédures doit être utilisée: B.1.1 l'analyseur de réseau, ou B.1.2 le générateur de signaux et la méthode de mesure du bruit radiofréquence. La même antenne fictive est utilisée dans les deux procédures. Voir l'article B.2 comme guide pour une indication sur la fabrication d'une antenne fictive. Les mesures doivent être effectuées pour un nombre suffisamment important de fréquences afin d'obtenir une courbe lissée du facteur d'antenne en fonction de la fréquence dans la bande de fréquences de fonctionnement de l'antenne ou dans la bande de fréquences de 9 kHz à 30 MHz selon la plus petite.

B.1.1 Procédure de l'analyseur de réseau

- a) Etalonner l'analyseur de réseau avec les câbles devant être utilisés lors des mesures.
- b) Placer l'antenne à étalonner et l'appareil de mesure comme représenté à la figure B.2a.
- c) Soustraire au niveau de signal mesuré (en dB(μV)) le niveau de référence injecté et soustraire C_h (–6 dB pour une antenne fouet de 1 m) afin d'obtenir le facteur d'antenne (en dB(1/m)) de l'antenne.

NOTE Des atténuateurs ne sont pas nécessaires avec l'analyseur de réseau car les impédances des voies dans l'analyseur de réseau sont très proches de 50 Ω et les erreurs sont corrigées pendant la phase d'étalonnage de l'analyseur de réseau. Des atténuateurs peuvent être utilisées, si on le désire, mais les inclure complique l'étalonnage de l'analyseur de réseau.

¹ La présente annexe est basée sur l'IEEE 291-1991, IEEE Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field strength of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 GHz. IEEE, Inc., 445 Hoes Lane, PO Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331 USA

Annex B (informative)

Rod antenna (monopole) performance equations and characterization of the rod antenna matching amplifier – The equivalent capacitance substitution method ¹

B.1 Characterization method

The equivalent capacitance substitution method uses a dummy antenna in place of the actual rod element. The primary component of the dummy antenna is a capacitor equal to the self-capacitance of the rod or monopole. This dummy antenna is fed by a signal source and the output from the coupler or base unit of the antenna is measured using the test configuration shown in figure B.1. The antenna factor (AF) in dB(1/m) is given by equation (B.1).

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (B.1)$$

where

V_D is the measured output of the signal generator in dB(μ V);

V_L is the measured output of the coupler in dB(μ V);

C_h is the height correction factor (for the effective height) in dB(m).

For the 1 m rod commonly used in EMC measurements, the effective height (h_e) is 0,5 m, the height correction factor (C_h) is –6 dB(m) and the self-capacitance (C_a) is 10 pF.

NOTE See clause B.3 to calculate the effective height, height correction factor and self-capacitance of rod antennas of unusual dimensions.

Either of two procedures shall be used: B.1.1 the network analyser, or B.1.2 the signal generator and radio-noise meter method. The same dummy antenna is used in both procedures. See clause B.2 for guidance in making a dummy antenna. Measurements shall be made at a sufficient number of frequencies to obtain a smooth curve of antenna factor vs. frequency over the operating range of the antenna or 9 kHz to 30 MHz, whichever is smaller.

B.1.1 Network analyser procedure

- a) Calibrate the network analyser with the cables to be used in the measurements.
- b) Set up the antenna to be characterized and the measuring equipment as shown in figure B.2a.
- c) Subtract the signal level (in dB μ V) in the reference channel from the signal level (in dB(μ V)) in the test channel and subtract C_h (–6 dB for the 1 m rod) to obtain the antenna factor (in dB(1/m)) of the antenna.

NOTE Attenuator pads are not needed with the network analyser because the impedances of the channels in the network analyser are very nearly 50 Ω and any errors are corrected during network analyser calibration. Attenuator pads may be used, if desired, but including them complicates the network analyser characterization.

¹ This annex is based on IEEE 291-1991, IEEE Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field Strength of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 GHz. IEEE, Inc., 445 Hoes Lane, PO Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331 USA.

B.1.2 Procédure de mesure de bruit radiofréquence avec générateur de signaux

- Placer l'antenne à étalonner et l'appareil de mesure comme représenté à la figure B.2b.
- Avec l'équipement connecté comme représenté et une impédance de terminaison de $50\ \Omega$ sur le connecteur en T (A), mesurer le niveau de signal RF reçu V_L en dB(μ V).
- Laissant la sortie RF du générateur de signaux inchangé, transférer la terminaison $50\ \Omega$ à l'accès RF (B) et transférer le câble de réception au connecteur en T (A). Mesurer le niveau de signal reçu V_D en dB(μ V).
- Soustraire V_L de V_D et soustraire C_h (–6 dB pour l'antenne fouet de 1 m) pour obtenir le facteur d'antenne (en dB(1/m)) de l'antenne.

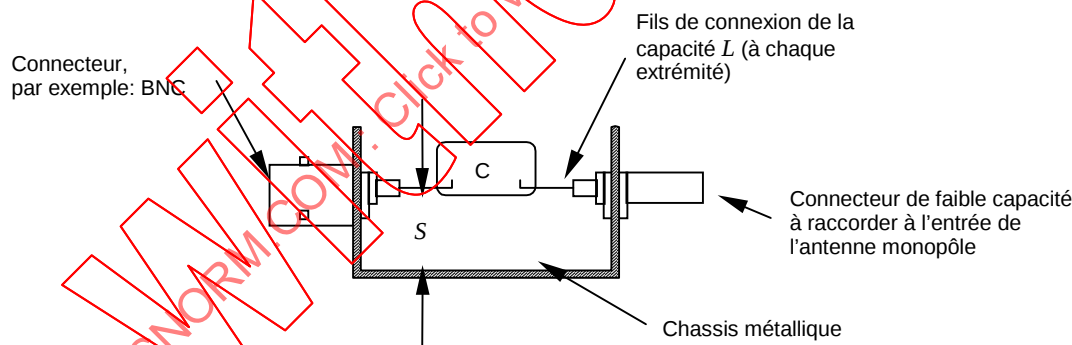
La terminaison $50\ \Omega$ doit avoir un rapport d'onde stationnaire (ROS) très faible (moins de 1,05:1). Le mesureur de bruit radiofréquence doit être étalonné et doit avoir un niveau de ROS faible (moins de 2:1). La sortie du générateur de signaux doit être stable en fréquence et en amplitude.

NOTE Le générateur de signaux ne nécessite pas d'être étalonné puisque celui-ci est utilisé comme référence.

B.2 Considérations sur l'antenne fictive

NOTE Il convient de monter le condensateur utilisé comme antenne fictive dans une petite boîte métallique ou une petite structure métallique. Il convient que les fils soient aussi courts que possible, pas plus longs que 8 mm et situés près de la surface de la boîte ou de la structure métallique, un espace de 5 mm à 10 mm étant recommandé (voir figure B.1).

Le connecteur en T utilisé dans le montage de mesure pour déterminer le facteur d'antenne peut être monté à l'intérieur de la boîte de l'antenne fictive. La résistance connectée afin d'assurer une adaptation au générateur peut également être montée dans la boîte de l'antenne fictive.



IEC 1563/01

Composants

C 10 pF 5 %, Mica argenté.

S espace pour connexion, de 5 mm à 10 mm (10 mm de n'importe quelle paroi, si inséré dans un boîtier).

L longueur de connexion, aussi court que possible, mais non supérieur à 8 mm. (Longueur totale de connexion inférieure à 40 mm, y compris les connexions de la capacité et la longueur du connecteur du port de l'antenne monopôle).

Figure B.1 – Exemple de montage d'un condensateur d'une antenne fictive

B.1.2 Radio-noise meter and signal generator procedure

- Set up the antenna to be characterized and the measuring equipment as shown in figure B.2b.
- With the equipment connected as shown and a $50\ \Omega$ termination on the T-connector (A), measure the received signal voltage V_L in dB(μ V) at the RF port (B).
- Leaving the RF output of the signal generator unchanged, transfer the $50\ \Omega$ termination to the RF port (B) and transfer the receiver input cable to the T-connector (A). Measure the drive signal voltage V_D in dB(μ V).
- Subtract V_L from V_D and subtract C_h (–6 dB for the 1 m rod) to obtain the antenna factor (in dB(1/m)) of the antenna.

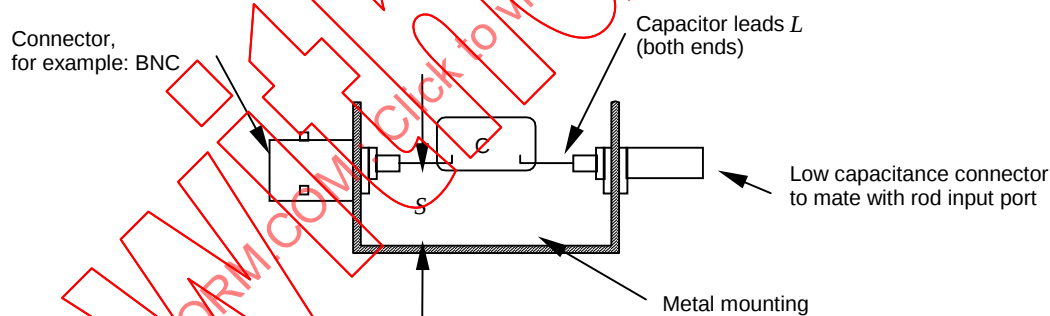
The $50\ \Omega$ termination shall have very low standing wave ratio (SWR) (less than 1,05:1). The radio-noise meter shall be calibrated and have low SWR (less than 2:1). The output of the signal generator shall be frequency and amplitude stable.

NOTE The signal generator need not be calibrated, since it is used as a transfer standard.

B.2 Dummy antenna considerations

NOTE The capacitor used as the dummy antenna should be mounted in a small metal box or on a small metal frame. The leads should be kept as short as possible, but no longer than 8 mm, and spaced 5 mm to 10 mm from the surface of the metal box or frame. See figure B.1.

The T-connector used in the antenna factor measurement set-up may be built into the dummy antenna box. The resistor pad to provide matching to the generator may also be built into the dummy antenna box.



IEC 1563/01

Components

C 10 pF 5 % silver mica.

S lead spacing, 5 mm to 10 mm (10 mm from all surfaces if enclosed in a box).

L lead length, as short as possible but not greater than 8 mm. (Total lead length not greater than 40 mm including both capacitor leads and length of rod port connector.)

Figure B.1 – Example of mounting capacitor in dummy antenna

B.3 Equations des caractéristiques de l'antenne fouet (monopôle)

Les équations suivantes sont utilisées afin de déterminer la hauteur effective, la capacité intrinsèque et le facteur de correction de hauteur pour les antennes fouets ou monopôles de dimensions non habituelles. Celles-ci sont valables uniquement pour les antennes fouets de longueur inférieure à $\lambda/4$.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad (\text{B.2})$$

$$C_a = \frac{55,6h}{\ln\left(\frac{h}{a}\right) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad (\text{B.3})$$

$$C_h = 20 \lg h_e \quad (\text{B.4})$$

où

h_e est la hauteur effective de l'élément de l'antenne en mètres;

h est la hauteur réelle de l'antenne fouet en mètres;

λ est la longueur d'onde en mètres;

C_a est la capacité intrinsèque de l'antenne fouet en picofarads,

a est la valeur moyenne du rayon de l'élément de l'antenne fouet en mètres;

C_h est le facteur de correction de la hauteur en dB(m).

B.3 Rod (monopole) antenna performance equations

The following equations are used to determine the effective height, self-capacitance and height correction factor of rod or monopole antennas of unusual dimensions. They are valid only for rod antennas shorter than $\lambda/4$.

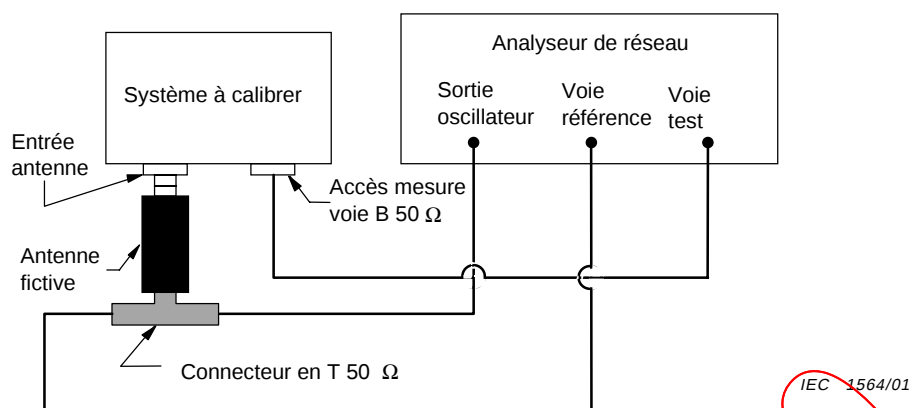
$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad (\text{B.2})$$

$$C_a = \frac{55,6h}{\ln\left(\frac{h}{a}\right) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad (\text{B.3})$$

$$C_h = 20 \lg h_e \quad (\text{B.4})$$

where

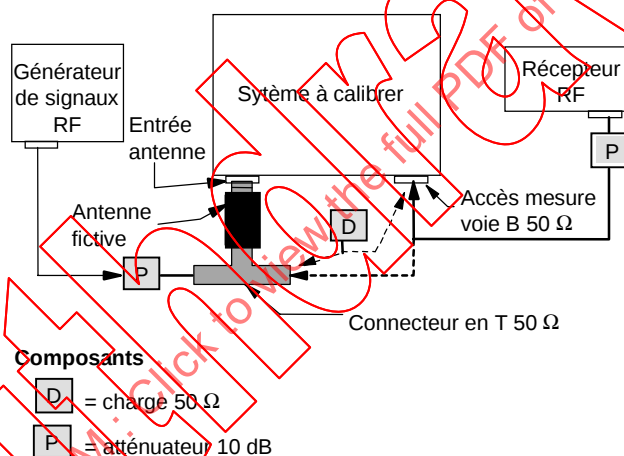
- h_e is the effective height of the antenna in metres;
- h is the actual height of the rod element in metres;
- λ is the wavelength in metres;
- C_a is the self-capacitance of the rod antenna in picofarads;
- a is the average radius of the rod element in metres;
- C_h is the height correction factor in dB(m).



NOTE 1 Placer l'antenne fictive aussi près que possible du port de l'EST. Placer le connecteur en T le plus près possible de l'antenne fictive. Utiliser la même longueur et le même type de câble entre le connecteur en T et la voie d'entrée de référence, ainsi qu'entre le connecteur en T et l'accès de mesure 50 Ω.

NOTE 2 Des atténuateurs ne sont pas nécessaires avec l'analyseur de réseau et ne sont pas recommandés.

Figure B.2a – Méthode utilisant l'analyseur de réseau



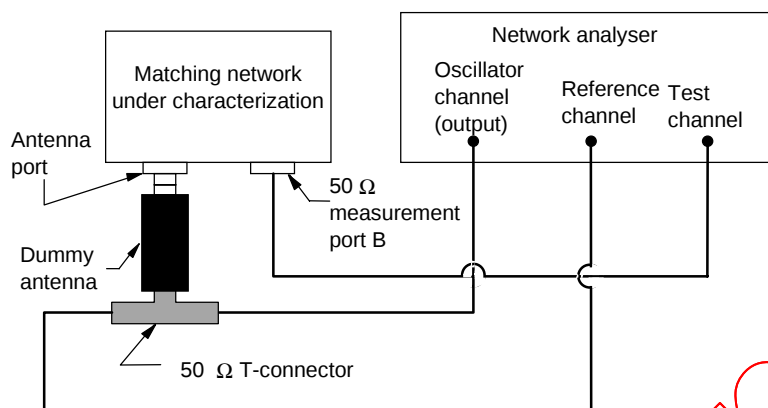
NOTE 1 Placer l'antenne fictive aussi près que possible du port de l'EST. Placer le connecteur en T le plus près possible de l'antenne fictive.

NOTE 2 Si le ROS du récepteur et du générateur de signal sont faibles, des atténuateurs peuvent ne pas être nécessaires ou peuvent être réduits à 6 dB ou 3 dB.

NOTE 3 L'antenne fictive peut incorporer d'autres composants d'adaptation afin de contrôler le ROS au niveau de son entrée et des accès de mesure du générateur de signaux.

Figure B.2b – Méthode de mesure utilisant le mesureur de bruit radiofréquence et le générateur de signaux

Figure B.2 – Mesure du facteur d'antenne d'un monopôle de 1 m

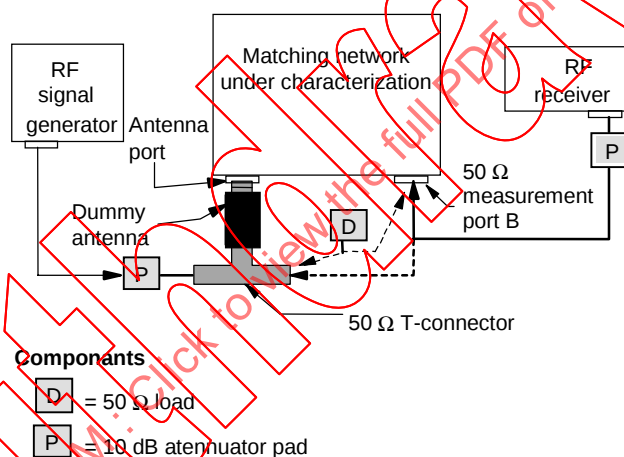


IEC 1564/01

NOTE 1 Place the dummy antenna as close to the EUT port as possible. Place the T-connector as close to the dummy antenna as possible. Use the same length and type of cables between the T-connector and the reference channel input, and the T-connector and the 50 Ω measuring port test channel.

NOTE 2 Attenuator pads are not needed with the network analyser and are not recommended.

Figure B.2a – Method using network analyser



IEC 1565/01

NOTE 1 Place the dummy antenna as close to the EUT port as possible. Place the T-connector as close to the dummy antenna as possible.

NOTE 2 If VSWR of receiver and signal generator is low, pads may not be needed or may be reduced to 6 dB or 3 dB.

NOTE 3 The dummy antenna may incorporate other matching components to control VSWR at its input and signal generator level measuring ports.

Figure B.2b – Method using radio-noise meter and signal generator

Figure B.2 – Measurement of 1 m monopole antenna factor

Annexe C (informative)

Étalonnage et maintenance de l'antenne et de la ligne de transmission

C.1 Introduction

La présente annexe contient, à titre de guide, un exemple de procédure d'étalonnage de l'antenne et de la ligne de transmission conformément à l'esprit de 5.1.2. Un bon étalonnage de l'antenne et de la ligne de transmission est essentiel pour prendre en compte la perte de la ligne de transmission, les erreurs dues à la désadaptation et pour caractériser, le cas échéant, une antenne à large bande. Dans la mesure où les câbles utilisés pour les lignes de transmission sont soumis à beaucoup d'usure et à un endommagement possible, on suggère ici une procédure à utiliser lorsqu'il est nécessaire de remplacer les câbles.

Ce rapport a un objectif didactique et est destiné à venir en aide aux personnes qui ne seraient pas familiarisées avec l'étalonnage des antennes et des lignes de transmission. D'autres méthodes telles que celles utilisant des générateurs de poursuite, des analyseurs de réseaux ou des sources de signal à bande étroite peuvent également être satisfaisantes et rien dans cette annexe ne devrait être interprété comme empêchant leur utilisation.

C.2 Etalonnage

Les antennes et câbles peuvent être étalonnés ensemble ou séparément selon l'avis de l'utilisateur. Il est fortement recommandé, cependant, que ceux-ci puissent être étalonnés séparément parce que

- fréquemment, les antennes sont fournies sans câble;
- tout câble peut être utilisé avec une antenne sans avoir besoin de réétalonner la combinaison des deux;
- les câbles sont étalonnés plus facilement que les antennes et presque tous les moyens d'essai sont capables de les réétalonner. Certains laboratoires peuvent ne pas être capables d'étalonner facilement des antennes complexes avec leur ligne de transmission;
- l'antenne ou le câble peut être modifié ou remplacé sans nécessiter le réétalonnage de l'autre.

C.2.1 Vérifications périodiques nécessaires

C.2.1.1 Câbles

Il convient d'effectuer les vérifications mensuellement, selon si les câbles sont manipulés ou pliés fréquemment, ou si ceux-ci sont exposés au soleil et aux conditions extérieures pendant de longues durées.

NOTE Même les câbles dans les conduits peuvent provoquer des problèmes si la température et l'humidité ne sont pas contrôlées.

C.2.1.2 Antennes

Dans la mesure où celles-ci sont moins exposées à l'usure que les câbles, les antennes peuvent être vérifiées moins fréquemment, par exemple uniquement une ou deux fois par an.

Annex C (informative)

Antenna and transmission line maintenance and characterization

C.1 Introduction

This annex contains, for guidance, an example of an antenna and transmission line characterization procedure that complies with the intent of 5.1.2. Proper antenna and transmission line characterization is essential to account for transmission line loss and mismatch errors, and to define the antenna factor for a broadband antenna, if used. Because coaxial cables used for transmission lines are subject to much wear and possible abuse, a suggested procedure is included to be used when cables require replacement.

This report is intended to be tutorial in nature, as an aid for those who may not be familiar with antenna and transmission line characterization. Other methods, such as those using tracking generators, network analysers, or narrowband signal sources may be equally satisfactory and nothing in this annex should be interpreted as precluding their use.

C.2 Maintenance

Characterization of antennas and cables as a combination or individually is at the option of the user. It is highly recommended, however, that they be characterized separately because

- frequently, antennas are supplied without cables;
- any cable may be used with any antenna without need for characterization of the combination;
- cables are easier to characterize than antennas and almost any test facility can characterize them. Some laboratories may not be able to characterize complex antennas with their associated transmission lines easily;
- either the antenna or cable can be modified or replaced without need to characterize the other.

C.2.1 Periodic checks required

C.2.1.1 Cables

Checks should be made monthly, contingent upon whether the cables are handled or flexed frequently, or if they are exposed to sun and weather for long periods.

NOTE Even cables in conduits can develop problems, if temperature and humidity are uncontrolled.

C.2.1.2 Antennas

Because they are subject to less wear than cables, antennas may be checked less frequently, possibly only once or twice per year.

C.2.1.3 Vérification physique

C.2.1.3.1 Câbles

Les vrillages importants de câbles (courbures très prononcées), les parties aplaties, les éraflures, les parties étirées, les connecteurs ou tresses endommagés, les dégradations de l'isolement interne ou les vieillissements de câbles nécessitent un remplacement et un réétalonnage.

C.2.1.3.2 Antennes

Les éléments cassés ou autres problèmes mécaniques évidents doivent être rectifiés ou les parties remplacées. Un réétalonnage est nécessaire.

C.2.1.4 Vérification électrique

Les antennes et câbles doivent être vérifiés périodiquement pour mettre en évidence des pertes élevées et tous les autres problèmes possibles. Si une caractéristique telle que les pertes a changé, l'antenne, le câble, ou les deux doivent être réétalonnés. Des changements sévères dans les caractéristiques peuvent exiger un remplacement et un réétalonnage.

C.2.2 Etalonnage du câble et de l'antenne

Les exigences suivantes s'appliquent lorsque le câble de la ligne de transmission ou l'antenne est remplacé.

C.2.2.1 Si l'étalonnage de l'antenne prend en compte à la fois les pertes et d'autres caractéristiques d'un câble spécifique, en combinaison avec l'antenne, ils doivent être considérés comme un ensemble. Si l'un d'entre eux est remplacé, la combinaison doit être réétalonnée.

C.2.2.2 Si l'antenne et le câble ont été étalonnés séparément avec leurs propres pertes, etc., le remplacement de l'un ne nécessite qu'un réétalonnage de la partie qui a été remplacée.

C.3 Etalonnage de l'antenne

C.3.1 Intensité du champ électrique

L'intensité du champ électrique doit être exprimée en dB(μV/m). La formule exprimant l'intensité du champ électrique mesuré est:

$$F = R + AF + T \quad (C.1)$$

où

F est l'intensité du champ électrique en dB(μV/m);

R est la valeur indiquée en dB(μV);

AF est le facteur d'antenne en dB(1/m), défini à l'article C.4 ou C.5;

T est le facteur de la ligne de transmission en dB, défini à l'article C.6.

Pour les mesures à large bande, les unités pour F et R sont fonction de la largeur de bande de l'appareil de mesure.

C.4 Antenne de référence

Voir 5.1.2.2.

C.2.1.3 Physical examination

C.2.1.3.1 Cables

Serious kinks (very sharp bends), flat spots, abrasions, stretched spots, damaged connectors/ braid, contamination of the inner insulation, or ageing of the cable shall require replacement and characterization.

C.2.1.3.2 Antennas

Broken elements or other obvious mechanical problems shall be corrected or parts replaced. Characterization is required.

C.2.1.4 Electrical examination

Antennas and cables shall be checked for higher loss and other problems periodically. If a characteristic such as loss has changed, the antenna, the cable, or the combination shall be characterized. Severe changes in characteristics may require replacement and characterization.

C.2.2 Cable and antenna characterization

The following requirements apply when the transmission line cable or antenna is replaced.

C.2.2.1 If the antenna factor data contains the loss and other characteristics of a specific cable in combination with the antenna, they shall be considered a matched pair. If either is replaced, the combination shall be characterized.

C.2.2.2 If the antenna and cable have been characterized separately with separate losses, etc. replacement of either shall require characterization only of that portion replaced.

C.3 Antenna characterization

C.3.1 Electric field strength

Electric field strength shall be expressed in units of dB(μV/m). The relationship expressing electric field strength to the measurement system is:

$$F = R + AF + T \quad (\text{C.1})$$

where

F is the electric field strength in dB(μV/m);

R is the instrument reading in dB(μV);

AF is the antenna factor in dB(1/m), defined in clause C.4 or C.5;

T is the transmission line factor in dB, defined in clause C.6.

For broadband measurements, F and R are a function of the measuring instrument bandwidth.

C.4 Reference antenna

See 5.1.2.2.

C.5 Facteur d'antenne

Le facteur reliant le champ électrique au point de référence de l'antenne à la tension² mesurée aux bornes chargées de l'antenne est appelé facteur d'antenne; il est désigné par AF et exprimé en dB(1/m). Le facteur d'antenne doit inclure les effets des symétriseurs, des adaptateurs d'impédance, de toutes les pertes dues aux désadaptations et du fonctionnement en dehors de la fréquence de résonance de l'antenne.

NOTE Ce facteur est fonction de la fréquence; il est généralement indiqué par les constructeurs de dipôles résonants. La connaissance du facteur d'antenne pour le fonctionnement en espace libre des dipôles résonants est suffisamment précise pour répondre aux objectifs de ce rapport. Une plus grande précision peut être obtenue en connaissant le facteur d'antenne d'un dipôle résonant particulier utilisé dans l'environnement d'essai. Une méthode pour déterminer le facteur d'antenne est décrite dans l'ANSI C63.5 (voir F.7).

C.6 Antennes alternatives

Le facteur d'antenne pour les antennes autres que l'antenne de référence est le facteur d'antenne de l'antenne de référence (dipôle résonant) diminué du gain (dB) de l'antenne à étalonner par rapport à l'antenne de référence.

C.7 Ligne de transmission

Le facteur de la ligne de transmission (perte) en fonction de la fréquence doit être connu. Ce facteur, désigné par T , est donné par

$$T = 20 \lg \left(\frac{\text{tension d'entrée}}{\text{tension de sortie}} \right) \text{ dB} \quad (\text{C.2})$$

NOTE Il est recommandé que la ligne de transmission soit un câble coaxial à double tresse ou à feillard pour assurer un blindage convervable. Il est autorisé que la perte de la ligne de transmission et les erreurs dues à la désadaptation soient prises en compte en incluant le câble dans l'étalonnage des appareils de mesure. Si cette condition est réalisée, T est supprimé de l'équation (C.1) donnant F .

C.8 Appareil d'étalonnage d'une antenne alternative

La première fonction de l'appareil d'étalonnage est de fournir une mesure de champ électrique répétable pour la comparaison d'une antenne à étalonner avec l'antenne dipôle de référence.

C.8.1 Générateur d'étalonnage

Un appareil de mesure conçu avec un générateur de poursuite interne ou un analyseur de réseau ou un générateur de signaux associé à un appareil de mesure doit être utilisé pour l'étalonnage d'autres antennes.

Le niveau de sortie du générateur d'étalonnage doit être connu avec une précision de $\pm 1,0$ dB. Le générateur d'étalonnage doit être capable de produire un champ électrique d'intensité au moins supérieure de 6 dB par rapport au champ électrique minimal mesurable avec l'appareil de mesure. Une valeur d'au moins 10 dB est préférable.

Un générateur d'impulsions, toutefois moins performant, peut être utilisé en tant que générateur d'étalonnage.

NOTE 1 Si un générateur d'impulsions à large bande est utilisé, il convient que celui-ci soit capable de produire un champ uniforme dans une limite de $\pm 3,0$ dB dans la bande de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz.

² S'agissant d'un rapport de tension, il convient que les calculs pour convertir en décibels soient faits en utilisant le facteur de $20 \lg$ du rapport des paramètres.

C.5 Antenna factor

The factor relating the field strength at the reference point of the antenna to the loaded antenna terminal voltage² is called the antenna factor, designated AF , expressed in dB(1/m). The antenna factor shall include the effects of baluns, impedance matching devices, any mismatch losses, and operation outside the resonant frequency of the antenna.

NOTE This factor is a function of frequency and is usually provided by manufacturers of resonant dipoles. Knowledge of the antenna factor for free space operation for resonant dipoles is sufficiently accurate for purposes of this report. Greater accuracy can be obtained by knowing the antenna factor for the particular resonant dipole being used in the test environment. A method for determining antenna factor is described in ANSI C63.5 (see F.7).

C.6 Alternate antennas

The antenna factor for the alternate antenna is the antenna factor for the reference antenna (resonant dipole) minus the gain (dB) of the alternate antenna relative to the reference antenna.

C.7 Transmission line

The transmission line factor (loss) as a function of frequency shall be known. The factor is designated T and is:

$$T = 20 \lg \left(\frac{\text{input voltage}}{\text{output voltage}} \right) \text{ dB} \quad (\text{C.2})$$

NOTE It is recommended that the transmission line be double-braided or solid-shielded coaxial cable to achieve proper shielding. It is permissible that transmission line loss and mismatch errors be accounted for by including the cable in the measuring instrument calibration. When this is done, T is dropped from equation (C.1) for F .

C.8 Alternate antenna characterization instrumentation

The prime function of the characterization instrumentation is to provide a repeatable RF field for the comparison of an alternate antenna to the reference dipole antenna.

C.8.1 Characterization signal generator

A measuring instrument with a built-in tracking generator or a network analyser or a signal generator together with a measuring instrument shall be used for alternate antenna characterization.

The output of the characterization signal generator shall be known to within $\pm 1,0$ dB. The characterization signal generator shall be capable of creating an electric field at least 6 dB above the least measurable field strength of the measuring instrument. A value of at least 10 dB is preferred.

A less accurate characterization signal generator is the impulse generator.

NOTE 1 If a broadband impulse generator is used, it should be capable of producing a uniform spectrum to within $\pm 3,0$ dB in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.

² As this is a voltage ratio, the calculations to convert to decibels should be made using the factor of 20 lg of the ratio of the parameters.

NOTE 2 L'expérience montre qu'un générateur d'impulsions qui possède un niveau nominal de 100 dB(μ V/kHz) peut produire un champ d'environ 10 dB(μ V/m/kHz) au niveau de l'antenne de réception lorsqu'un atténuateur d'adaptation d'impédance de 10 dB est utilisé à la sortie du générateur. Ce champ varie en fonction des caractéristiques de pertes et de rayonnement de l'antenne d'étalonnage et en fonction des anomalies de propagation. Cette valeur approximative est indiquée dans le but de permettre la détermination du facteur d'antenne. On peut alors estimer les sensibilités nécessaires et les affaiblissements tolérables du système de mesure.

C.8.2 Antenne de transmission

Afin de faciliter la mesure et de s'affranchir des variations dues au réglage de l'antenne, il est recommandé d'utiliser des antennes à large bande. Les antennes typiques sont l'antenne biconique pour les fréquences allant de 30 MHz jusqu'à 200 MHz et l'antenne log périodique pour les fréquences comprises entre 200 MHz et 1 000 MHz.

C.9 Détermination du facteur d'une antenne alternative

Si l'on utilise une antenne autre que l'antenne de référence (voir article C.6), le facteur d'antenne doit être déterminé par une technique de substitution dans l'environnement d'essai prévu. La référence utilisée pour la substitution doit être le dipôle (voir article C.4). Le champ rayonné à mesurer pour la méthode de substitution est produit par l'antenne de transmission et le générateur d'étalonnage comme spécifié à l'article C.8.

NOTE Les erreurs sur ce facteur déterminé par cette procédure tiennent compte de la non-linéarité de l'appareil de mesure, de l'influence de l'environnement sur l'antenne de référence et du possible déplacement du centre de phase de l'antenne à mesurer par rapport à celui de l'antenne de référence.

C.10 Géométrie d'essai

L'antenne à mesurer doit être située à la position d'essai prévue. Lors de la substitution, le dipôle doit être placé de façon que son point de référence soit situé à l'emplacement précis qu'occupe normalement le point de référence de l'antenne à mesurer.

C.10.1 L'antenne de transmission doit être située à une distance horizontale de 10 m du point de référence de l'antenne à mesurer comme indiqué à la figure C.1 (à la place du point de la périphérie d'un véhicule le plus proche) et doit être situé à une hauteur de 1 m.

C.10.2 Pour une distance de 3 m, l'antenne de transmission doit être située à une distance horizontale de 3 m, mesurée à partir de l'autre antenne à étalonner, comme indiqué à la figure C.1.

C.11 Procédure d'essai

La méthode consiste à mesurer le champ de référence avec l'antenne de référence placée comme indiqué à l'article C.10 pour obtenir une valeur (généralement la tension). Ensuite, l'antenne de référence est remplacée par l'autre antenne et une seconde mesure est effectuée.

On calcule le facteur d'antenne pour les autres antennes à mesurer comme indiqué à l'article C.6. Il est recommandé d'appliquer cette méthode aux deux polarisations horizontale et verticale pour déterminer si un facteur d'antenne différent est nécessaire dans chacun des deux cas.

NOTE Le facteur d'antenne de l'antenne de référence peut être supposé identique pour les deux polarisateurs.

C.12 Fréquences

Le nombre de fréquences pour lesquelles les valeurs du facteur d'antenne doivent être calculées dépend de l'antenne à étalonner. On doit retenir un nombre de fréquences suffisant pour permettre de décrire correctement la fonction.

NOTE 2 Experience indicates that an impulse generator that has a nominal 100 dB(μ V/kHz) level can produce a field of approximately 10 dB(μ V/m/kHz) at the receiving antenna when an impedance matching attenuator of 10 dB is used at the output of the generator. This field strength varies depending on transmitting antenna losses and radiation characteristics and on propagation anomalies. This approximate value is provided so that the antenna factor determination can be performed. It is then possible to estimate the required sensitivities and the tolerable losses in the measuring system.

C.8.2 Transmitting antenna

For ease in measurement and to assure freedom from variation caused by antenna adjustment, it is recommended that broadband antennas be used. Typical antennas are the biconical for 30 MHz to 200 MHz, and the log periodic for 200 MHz to 1 000 MHz.

C.9 Alternate antenna factor determination

If an alternate antenna (see clause C.6) is used, the antenna factor shall be determined by a substitution technique in the intended test environment. The reference shall be the dipole (see clause C.4). The radiated field to be measured for the substitution technique is generated by the transmitting antenna and the characterization signal generator as specified in clause C.8.

NOTE Error factors associated with this procedure include non-linearity of the measuring instrument, influence of the surroundings on the reference antenna and possible change in location of the alternate antenna phase center relative to that of the reference antenna.

C.10 Test geometry

The alternate antenna shall be located at its intended test position. When substitution occurs, the dipole shall be placed so that its reference point is stated at the precise place that the reference point for the alternate antenna normally occupies.

C.10.1 The transmitting antenna shall be 10 m in horizontal distance from the alternate antenna reference point in figure C.1 (taking the place of the nearest vehicle periphery) and shall be 1 m high.

C.10.2 For the 3 m measurement distance, the transmitting antenna shall be 3 m in horizontal distance from the alternate antenna, as in figure C.1.

C.11 Test procedure

The procedure to be used is to measure the reference field with the reference antenna positioned as in clause C.10 to obtain a meter reading (usually voltage). Then the alternate antenna is substituted and a second reading is taken.

The antenna factor for the alternate antenna is calculated as discussed in clause C.6. This procedure should be conducted for both horizontal and vertical polarizations to determine whether different antenna factors are required for each of the two cases.

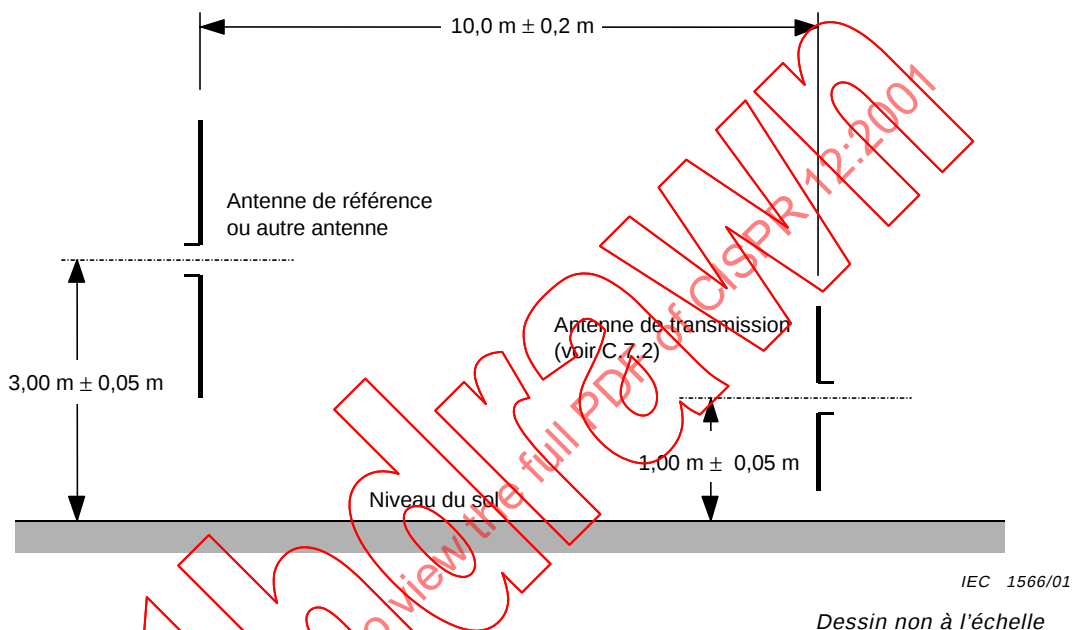
NOTE The antenna factor of the reference antenna may be assumed to be the same for both polarizations.

C.12 Frequencies

The number of frequencies at which antenna factor values are required depends on the alternate antenna being evaluated. A sufficiently large number of frequencies shall be considered to describe the function adequately.

C.13 Vérification du système complet

Le système de mesure complet comprenant l'antenne, le câble de transmission, l'appareil de mesure et les dispositifs de lecture doit être vérifié en mesurant un champ électrique impulsionnel produit par le générateur d'étalonnage et la ou les antennes décrites à l'article C.8. Cette vérification doit être effectuée périodiquement de façon à pouvoir détecter tout changement dans le fonctionnement du système (voir figure C.1).



NOTE Pour une distance de l'antenne de 3 m, la distance horizontale ($10,0 \pm 0,2$) m devient $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$; la hauteur $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ verticale devient $1,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$.

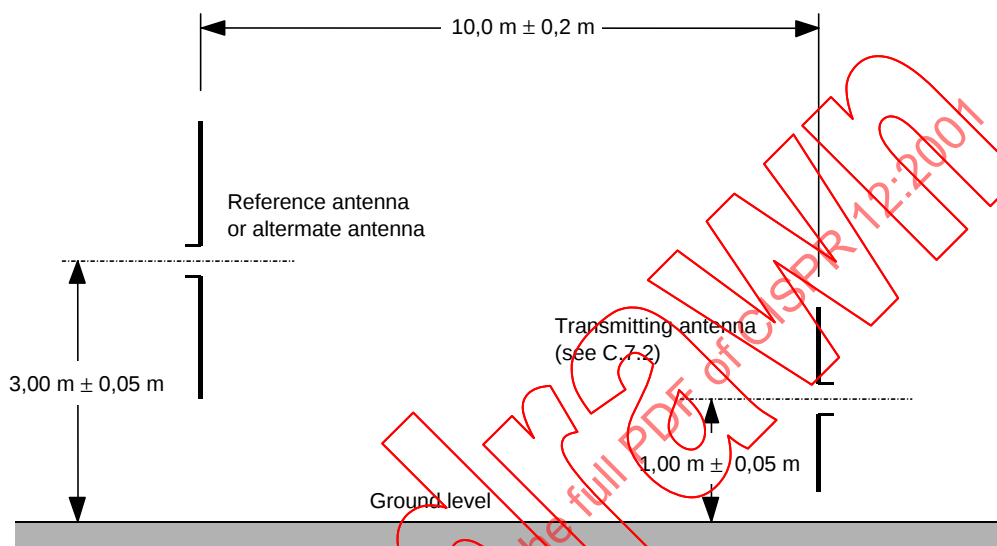
Figure C.1 – Détermination du facteur d'antenne d'une autre antenne (distance d'essai de 10 m)

C.14 Document de référence

ANSI C63.5, *American National Standard for Calibration of Antennas used for Radiated Emission Measurement in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)*. American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, New York, NY 10036, USA.

C.13 Complete system verification

The complete measurement system comprised of antenna, transmission cable, measuring instrument and readout devices shall be verified by measuring an electric field established with the characterization signal generator and antenna(s) described in clause C.8. This verification shall be made on a periodic basis so that any change in system performance can be detected (see figure C.1).



IEC 1566/01

Drawing not to scale

NOTE For 3 m test distance the $10,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ horizontal dimension changes to $3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$; the $(3,00 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m})$ vertical dimension changes to $1,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$.

Figure C.1 – Alternate antenna factor determination (10 m test distance)

C.14 Reference document

ANSI C63.5, *American National Standard for Calibration of Antennas used for Radiated Emission Measurement in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)*. American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, New York, NY 10036, USA.

Annexe D (informative)

Caractéristiques de construction des véhicules à moteur influençant le bruit d'allumage

D.1 Introduction

Comme guide pour les essais et l'approbation, il convient de noter que certaines différences dans la conception des véhicules n'ont probablement pas une influence significative sur le bruit d'allumage. Pour cette raison, des mesures sur une seule variante peuvent être considérées comme typiques, et cette variante peut servir de base pour l'évaluation des caractéristiques de construction d'autres véhicules routiers dans la mesure où celles-ci influent sur le bruit d'allumage.

D.2 Les différences de conception suivantes³ ont peu d'influence sur le bruit d'allumage

- a) Véhicules à deux portes ou à quatre portes, ou camionnettes de longueur hors tout similaires.
- b) Différences portant sur la conception de la calandre, pourvu que celle-ci soit en métal, qu'elle offre approximativement la même proportion d'ouvertures et qu'elle soit montée approximativement de la même façon.
- c) Forme des garde-boue ou contour du capot.
- d) Dimension différente des roues ou pneus.
- e) Bougies d'allumage ordinaires du type non résistant de différentes provenances, pourvu qu'elles aient des caractéristiques électriques équivalentes (capacité, inductance, résistance).
- f) Bobines et distributeurs de différentes provenances, pourvu que ces éléments aient des caractéristiques électriques équivalentes (capacité, inductance, résistance).
- g) Enjoliveurs, dispositifs de chauffage ou dispositifs de climatisation, occupant le même emplacement.
- h) Bougies d'allumage ordinaires, du type résistant, de différents degrés thermiques, pourvu qu'elles aient des caractéristiques électriques équivalentes (capacité, inductance, résistance).
- i) Taille, forme et emplacement des équipements électriques auxiliaires (incluant leurs faisceaux), qui sont nécessaires pour le fonctionnement de moteur à propulsion.

D.3 Les différences de conception suivantes³ peuvent avoir une influence significative sur le bruit d'allumage

- a) Différences significatives au niveau du taux de compression.
- b) Utilisation de garde-boue de toits ou de panneaux de carrosserie en matière plastique ou métallique.
- c) Dimension, forme et emplacement des filtres à air métalliques et utilisation de matières plastiques à la place du métal pour les filtres à air ou inversement.
- d) Emplacement du distributeur de la bobine sur le moteur ou dans le compartiment moteur.
- e) Dimension et forme du compartiment moteur et emplacement du faisceau de câbles haute tension.
- f) Différences significatives dans l'ouverture du compartiment moteur autour des roues.
- g) Direction à droite ou à gauche si l'emplacement d'autres éléments ou pièces en est affecté.
- h) Véhicules équipés d'un ou de plusieurs moteurs auxiliaires pour des buts autres que la propulsion.

³ Ce qui suit n'est pas une liste exhaustive mais uniquement un ensemble d'exemples.

Annex D (informative)

Construction features of motor vehicles affecting the emission of ignition noise

D.1 Introduction

For guidance in testing and approval, it should be noted that some differences in vehicle construction are unlikely to have a significant effect on the ignition noise emission. For this reason, measurements on one variant may be considered as being typical and such a variant may be used as the basis for the assessment of the design characteristics of road vehicles insofar as they affect the ignition noise emission.

D.2 The following construction differences³ have little effect on ignition noise emission

- a) Two-door or four-door vehicles or station-wagons of similar overall length.
- b) Differences in radiator grille construction, provided that grilles are of metal, offer approximately the same proportion of clear opening and have approximately the same mounting.
- c) Shape of fenders or contour of hood/bonnet.
- d) Different size wheels or tires.
- e) Ordinary non-resistive spark plugs of different makes, provided they have equivalent electrical characteristics (capacitance, inductance, resistance).
- f) Coils and distributors of different makes, provided they have equivalent electrical characteristics (capacitance, inductance, resistance).
- g) Decorative ornamentations, heaters or air conditioners, occupying the same location.
- h) Ordinary resistive spark plugs of different heat ranges, provided they have equivalent electrical characteristics (capacitance, inductance, resistance).
- i) Size, shape, and location of the ancillary electrical equipment (including its harness), which is needed to run the engine.

D.3 The following construction differences³ can be expected to have a significant effect on ignition noise emission

- a) Significant differences in compression ratio.
- b) Use of plastic or metallic fenders, roofs or body panels.
- c) Size, shape, and location of metallic air cleaners and use of plastic rather than metallic air cleaners or vice-versa.
- d) Location of distributor and coil on the engine or in the engine compartment.
- e) Size and shape of the engine compartment and location of the high-voltage harness.
- f) Significant differences in the clear opening of engine compartment around the wheels.
- g) Right or left hand steering as it may affect the position of the other components or parts.
- h) Vehicles having auxiliary engine(s) for purposes other than propulsion.

³ This is not all-inclusive, it is a set of examples only.

Annexe E (informative)

Mesure de l'affaiblissement d'insertion de dispositifs d'antiparasitage d'allumage

E.1 Introduction

Deux méthodes de mesure de l'affaiblissement d'insertion de dispositifs d'antiparasitage d'allumage sont utilisées.

E.1.1 Méthode de la boîte d'essai du CISPR (Méthode de laboratoire à 50/75 Ω)

Cette méthode est décrite à l'article E.3.

E.1.2 Méthode de comparaison du champ

Dans cette méthode, l'affaiblissement d'insertion de l'élément d'antiparasitage (ou d'un jeu d'éléments d'antiparasitage) est déterminé par la mesure du champ parasite créé par le véhicule ou l'engin sur l'emplacement d'essai en plein air. Il est évalué conformément à la formule:

$$A = E_1 - E_2 \quad (\text{E.1})$$

où

E_1 est l'intensité du champ provoquée par le système d'allumage sans les éléments d'antiparasitage, exprimé en dB(μV/m).

E_2 est l'intensité du champ provoquée par le même système d'allumage, mais avec des éléments d'antiparasitage (ou avec un jeu d'éléments d'antiparasitage) exprimée en dB(μV/m).

NOTE Il convient que l'intensité du champ soit mesurée conformément à l'article 5.

E.2 Comparaison des méthodes d'essai

E.2.1 Méthode de la boîte d'essai CISPR

A l'aide de la «méthode de la boîte d'essai CISPR», il est uniquement possible de comparer les caractéristiques d'éléments d'antiparasitage individuels du même type, dans des conditions normalisées en laboratoire. Actuellement, cette méthode est utilisée dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz. Les résultats obtenus sont sans corrélation significative avec l'efficacité d'éléments d'antiparasitage observée en pratique. Cette méthode ne permet pas la mesure d'un jeu d'éléments d'antiparasitage composé par exemple de quatre résistances et cinq câbles ayant un affaiblissement réparti. Néanmoins, elle constitue un moyen de contrôle rapide, par exemple des éléments d'antiparasitage pendant la fabrication, lorsque l'on a vérifié au préalable leur efficacité dans des conditions réelles d'utilisation.

E.2.2 Méthode de comparaison du champ

La méthode de comparaison du champ peut être considérée comme la méthode de référence, parce que les résultats obtenus donnent l'affaiblissement d'insertion d'éléments d'antiparasitage observé en pratique. Cette méthode tient compte automatiquement de tous les facteurs ayant une influence sur l'affaiblissement d'insertion et elle n'a aucune limitation en ce qui concerne la gamme de fréquences. Ses inconvénients principaux résident dans la nécessité d'effectuer les mesures sur un emplacement d'essai en plein air (ou dans une chambre blindée munie d'absorbants comme spécifié en 5.2.2) et dans la nécessité d'essayer le véhicule ou l'engin entier.

Annex E (informative)

Measurement of the insertion loss of ignition noise suppressors

E.1 Introduction

Two methods of measurement of the insertion loss of ignition noise suppressors are used.

E.1.1 CISPR box method (50/75 Ω laboratory method)

This method is described in clause E.3.

E.1.2 Field comparison method

In this method, the insertion loss of the suppressor (or set of suppressors) is determined from the measurement of interference field strength caused by the vehicle or device on the open test site. It is evaluated according to the formula:

$$A = E_1 - E_2 \quad (\text{E.1})$$

where

E_1 is the field strength caused by the ignition system without suppressors, expressed in dB(μV/m)

E_2 is the field strength caused by the same ignition system but with suppressors (or set of suppressors) expressed in dB(μV/m)

NOTE Field strength should be measured in accordance with clause 5.

E.2 Comparison of test methods

E.2.1 CISPR box method

With the help of the CISPR box method, it is possible to compare only the characteristics of single suppressors of the same kind under standard laboratory conditions. At present, this method is used in the frequency range from 30 MHz to 300 MHz. Results obtained have no significant correlation with the efficiency of suppressors observed in practice. This method does not allow measurement of a set of suppressors consisting, for example, of four resistors and five cables with distributed attenuation. Nevertheless, it provides a means of quick control, for instance of suppressors during manufacture after previous verification of their effectiveness in actual conditions.

E.2.2 Field comparison method

The field comparison method may be considered as the reference method since the results obtained give the insertion loss of suppressors observed in practice. It automatically takes into account all the factors influencing the insertion loss and it has no limitations in frequency range. Its main disadvantage is the need to perform measurements on an open test-site (or in an absorber lined shielded enclosure as specified in 5.2.2) and the need to test the complete vehicle or device.

E.3 Méthode de la boîte d'essai CISPR (méthode de laboratoire à 50 Ω à 75 Ω pour la mesure de l'affaiblissement d'insertion des dispositifs d'anti-parasitage d'allumage)

E.3.1 Conditions générales et limitations de la méthode

L'affaiblissement d'insertion d'un élément d'antiparasitage d'allumage est mesuré à l'aide du circuit d'essai illustré à la figure E.1. Cette méthode est destinée à être appliquée uniquement comme méthode de comparaison pour des éléments d'antiparasitage du même type, elle ne peut pas donner une corrélation directe avec des mesures de rayonnement.

E.3.2 Procédure d'essai

Sur la figure E.1, les commutateurs coaxiaux (2) sont réglés de façon que le signal du générateur de signaux (1) passe par la boîte d'essai (4) et par le spécimen en essai (5); ce signal donne une indication sur l'appareil de mesure (7). Les atténuateurs fixes en «T» (3) ont un affaiblissement de 10 dB.

Les commutateurs coaxiaux (2) sont alors commutés de façon que le signal passe par l'atténuateur variable étalonné (6) qui est réglé pour donner la même indication sur l'appareil de mesure (7). L'affaiblissement d'insertion de l'élément d'antiparasitage d'allumage est alors donné par l'affaiblissement lu sur l'atténuateur variable étalonné (6) diminué de l'affaiblissement des atténuateurs fixes (3).

E.3.3 Construction de la boîte d'essai

Des détails de la boîte d'essai usuelle sont donnés aux figures E.2 à E.4. Cette boîte est utilisable pour la plupart des applications; cependant, la position des trous et la taille de la boîte sont susceptibles d'être modifiées pour quelques applications. La disposition des éléments d'antiparasitage dans la boîte d'essai est illustrée aux figures E.5 à E.11. Toutes les connexions non coaxiales à l'intérieur de la boîte CISPR vers les éléments d'antiparasitage à l'essai doivent être aussi courts que possible, ou de la longueur spécifiée lorsqu'elle est mentionnée. Dans tous les cas, la bougie est modifiée pour recevoir une entrée coaxiale; elle est réalisée à l'aide d'une bougie ordinaire comportant une liaison directe entre la borne de la bougie et l'électrode centrale.

E.3.4 Résultats

Pour des éléments d'antiparasitage d'allumage ayant une impédance élevée, l'affaiblissement d'insertion a_1 dans un circuit ayant une impédance caractéristique z_1 peut être transformé en affaiblissement d'insertion a_2 dans un circuit ayant une impédance caractéristique z_2 ; la formule suivante s'applique:

$$a_2 = a_1 + 20 \lg (z_1/z_2) \quad (\text{E.2})$$

E.3 CISPR box method (50 Ω to 75 Ω laboratory method of measurement of insertion loss of ignition noise suppressors)

E.3.1 General conditions and limitations of the method

The insertion loss of an ignition noise suppressor is measured with the test circuit shown in figure E.1. This method is intended to be used only as a comparative method for suppression devices of the same type and is not intended to give direct correlation with emission measurements.

E.3.2 Test procedure

In figure E.1, the coaxial switches (2) are adjusted so that the signal from the signal generator (1) is passed through the test box (4) and the specimen under test (5) giving an indication on the output indicator of the measuring instrument (7). Fixed "T" attenuators (3) have a loss of 10 dB.

The coaxial switches (2) are then turned so that the signal passes through the calibrated variable attenuator (6), which is adjusted to give the same indication on the output indicator of the measuring instrument (7). The insertion loss of the ignition noise suppressor is then given by the attenuation read on the calibrated variable attenuator (6) minus the attenuation of the fixed attenuators (3).

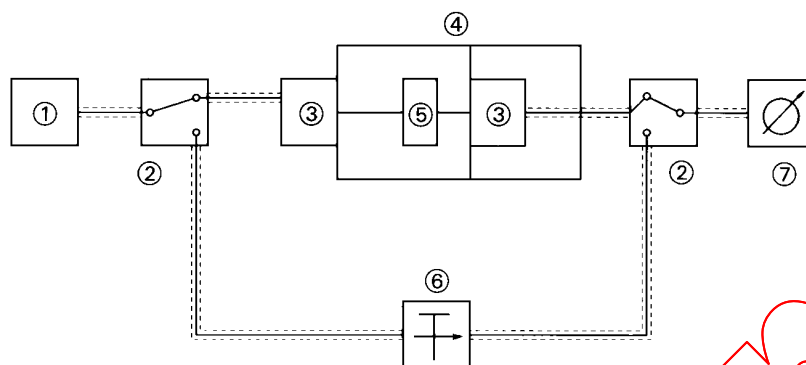
E.3.3 Test-box construction

Details of the usual test box are shown in figures E.2 to E.4. For the majority of applications, this box is applicable: however, hole positions and box size may require modification for some applications. The arrangement of the suppressors in the test box is shown in figures E.5 to E.11. All non-coaxial connecting leads within the CISPR box to the suppressors under measurement shall be kept as short as possible, or of specified length where shown. In all arrangements the spark plug is modified to accept a coaxial input and is constructed from a standard spark plug assembly having a direct connection between the spark plug terminal and the central electrode.

E.3.4 Results

For ignition noise suppressors having a high impedance, the insertion loss a_1 in a circuit having a characteristic impedance z_1 can be converted to the insertion loss a_2 in a circuit having a characteristic impedance z_2 ; the following formula applies:

$$a_2 = a_1 + 20 \lg (z_1/z_2). \quad (\text{E.2})$$

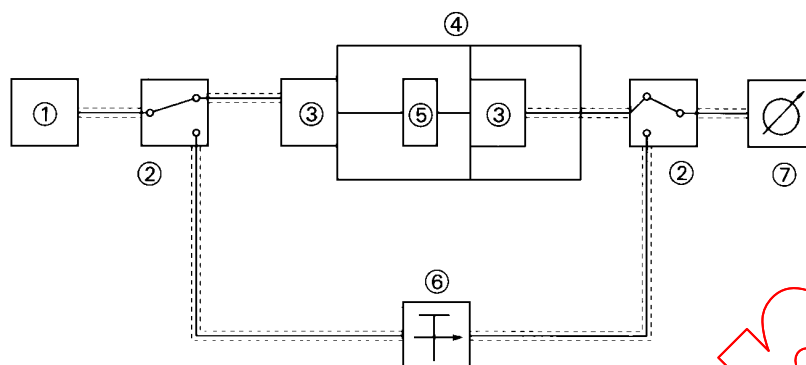


Légende

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ① Générateur de signal | ⑤ Specimen en essai |
| ② Commutateur coaxial | ⑥ Atténuateur variable étalonné |
| ③ Atténuateur fixe en «T» (10 dB) | ⑦ Appareil de mesure |
| ④ Boîte d'essai | |

NOTE Il faut que les dispositifs ①, ②, ③, ⑥ et ⑦ aient la même impédance caractéristique.

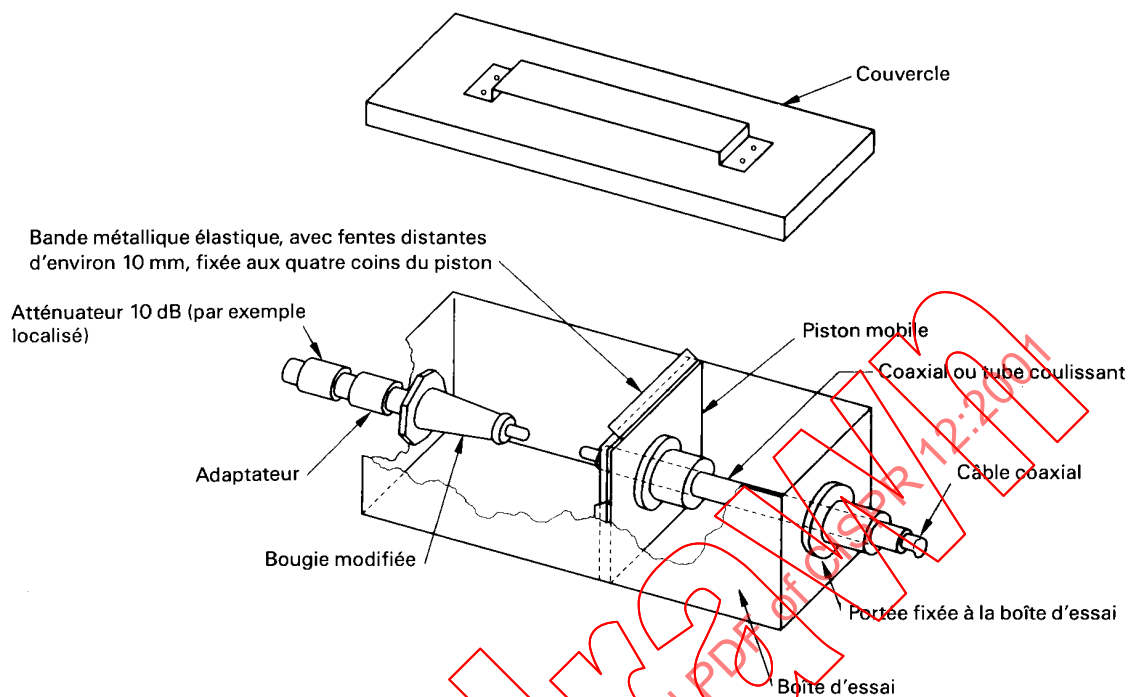
Figure E.1 – Circuit d'essai

**Key**

- | | | | |
|---|------------------------------|---|--------------------------------|
| ① | Signal generator | ⑤ | Specimen under test |
| ② | Coaxial switch | ⑥ | Calibrated variable attenuator |
| ③ | Fixed "T" attenuator (10 dB) | ⑦ | Measuring instrument |
| ④ | Test box | | |

NOTE Items ①, ②, ③, ⑥ and ⑦ must have the same characteristic impedance.

Figure E.1 – Test circuit



IEC 583/97

Figure E.2 – Disposition générale de la boîte d'essai

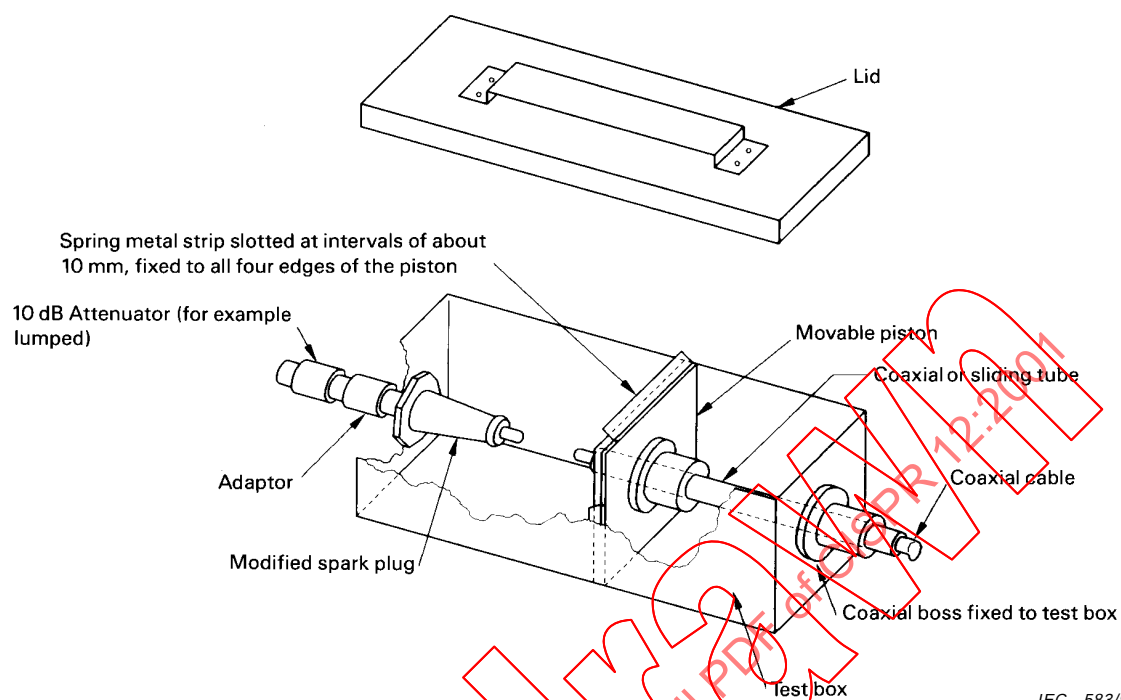
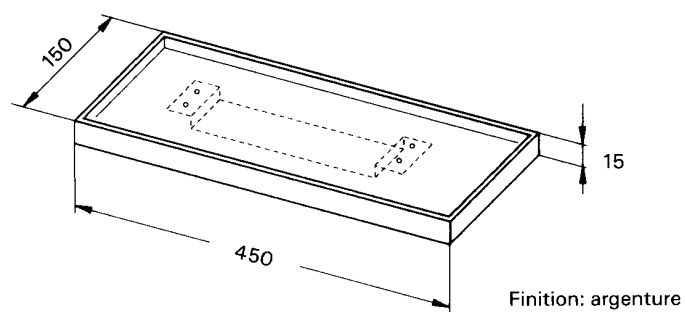


Figure E.2 – General arrangement of the test box

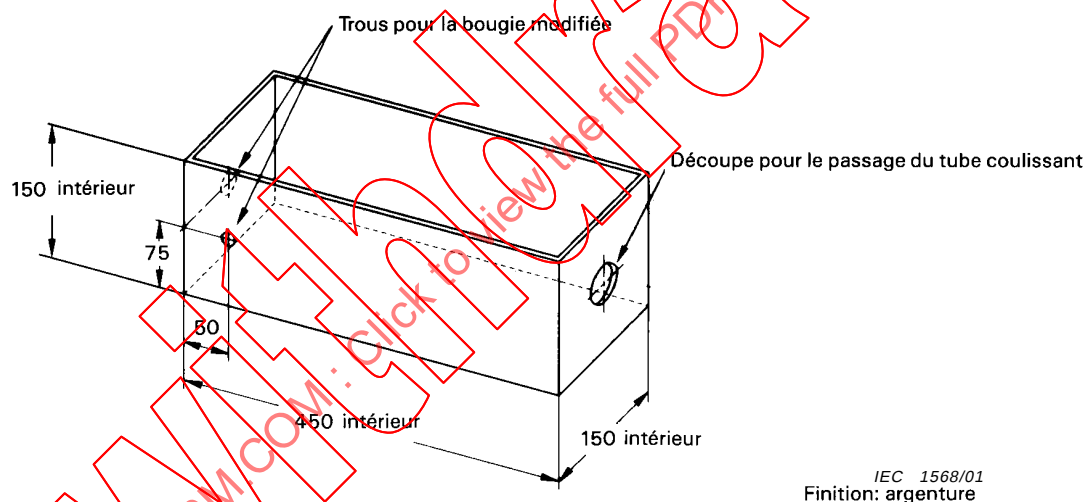


IEC 1567/01

Dimensions en millimètres

NOTE Couverture à section droite en U conçu pour réaliser un emboîtement serré sur la partie supérieure de la boîte d'essai.

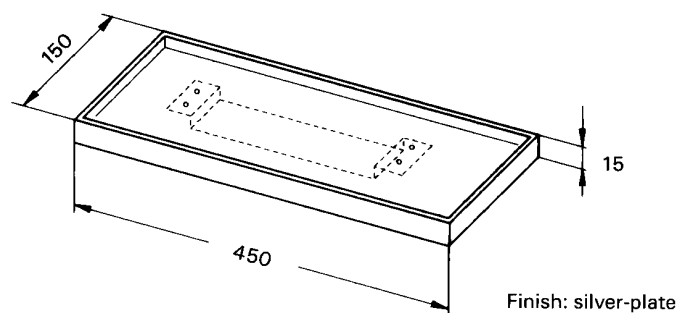
Figure E.3 – Détails du couvercle de la boîte d'essai



IEC 1568/01
Finition: argenture

Dimensions en millimètres

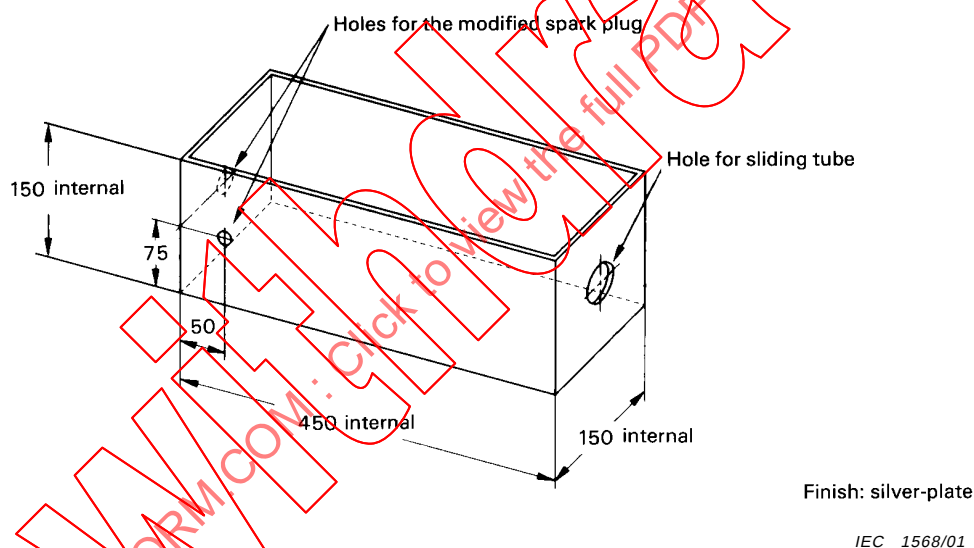
Figure E.4 – Détails de la boîte d'essai



Dimensions in millimetres
IEC 1567/01

NOTE Lid made to give U-shaped overlapping push fit on to upper face of the test box.

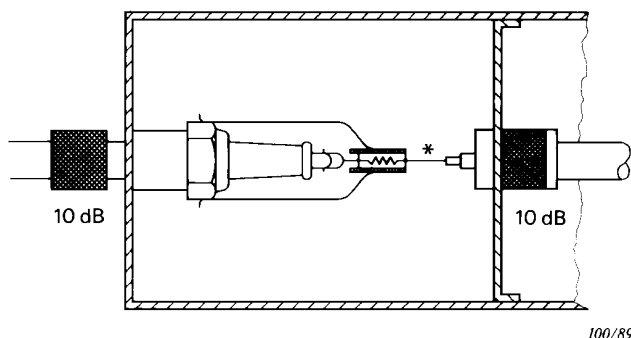
Figure E.3 – Details of the test box lid



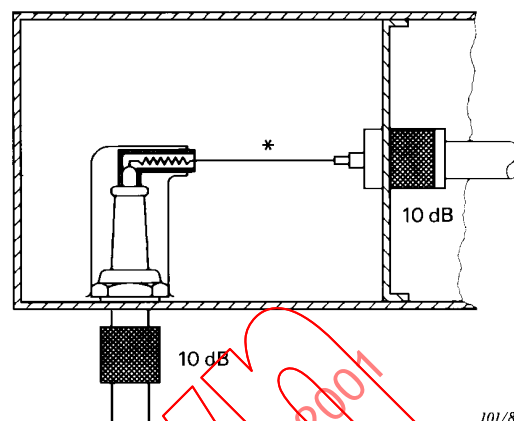
IEC 1568/01

Dimensions in millimetres

Figure E.4 – Details of the test box



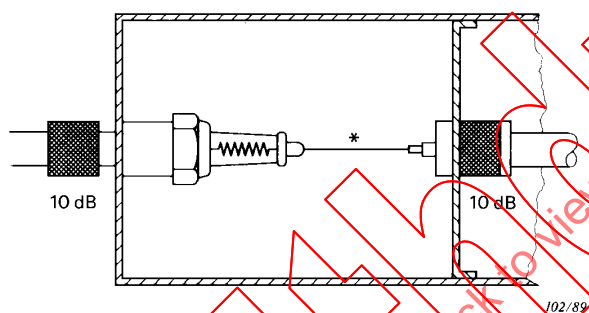
100/89



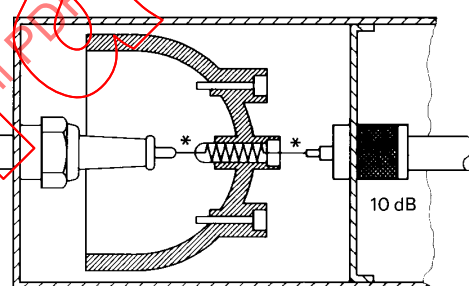
101/89

Figure E.5 – Embout antiparasite droit de bougie (avec ou sans blindage)

Figure E.6 – Embout antiparasite à angle droit de bougie (avec ou sans blindage)



102/89



103/89

Figure E.7 – Bougie antiparasite

Figure E.8 – Balai résistant dans la tête du distributeur

* Tous les câbles de connexion aux éléments d'antiparasitage à l'essai doivent être aussi courts que possible, ou de la longueur spécifiée lorsqu'elle est donnée.

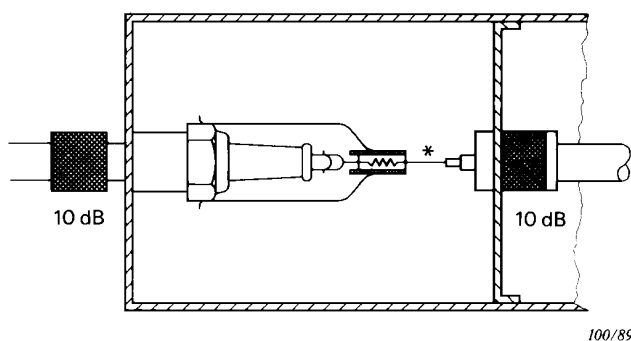


Figure E.5 – Straight spark-plug ignition noise suppressor (screened or unscreened)

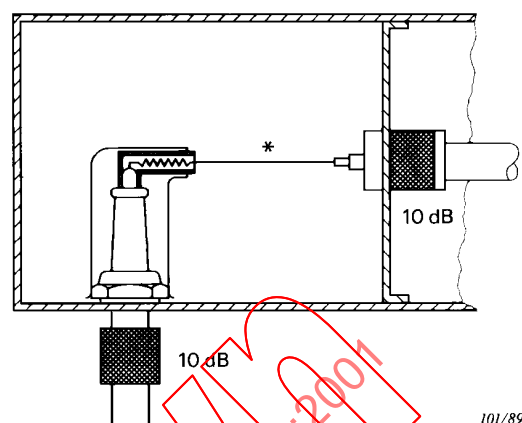


Figure E.6 – Right-angle spark-plug ignition noise suppressor (screened or unscreened)

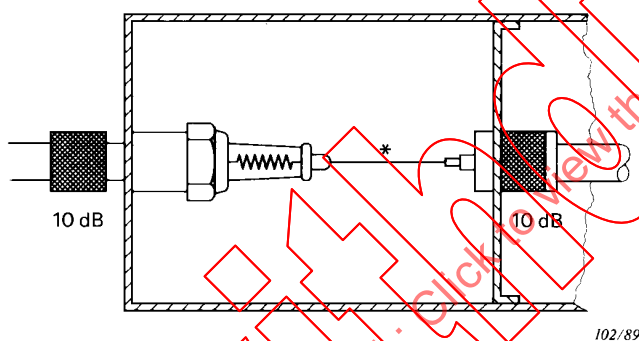


Figure E.7 – Noise suppression spark plug

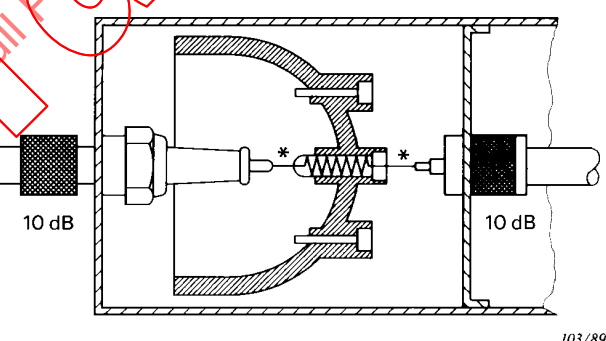


Figure E.8 – Resistive distributor brush

* All connecting leads to noise suppressors under measurement to be kept as short as possible or of specified length where shown.

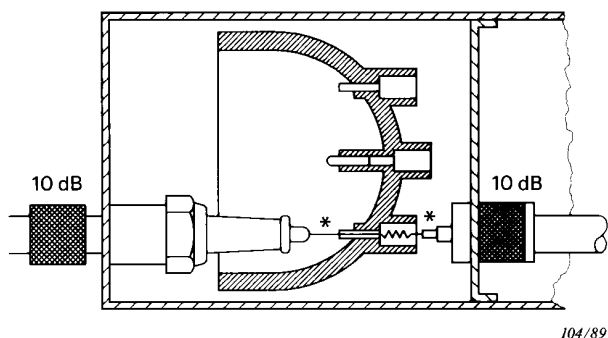


Figure E.9 – Élément d'antiparasitage incorporé dans les sorties de la tête du distributeur

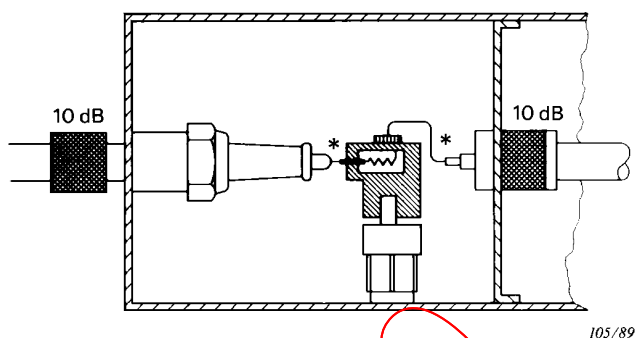


Figure E.10 – Rotor à élément d'anti-parasitage incorporé

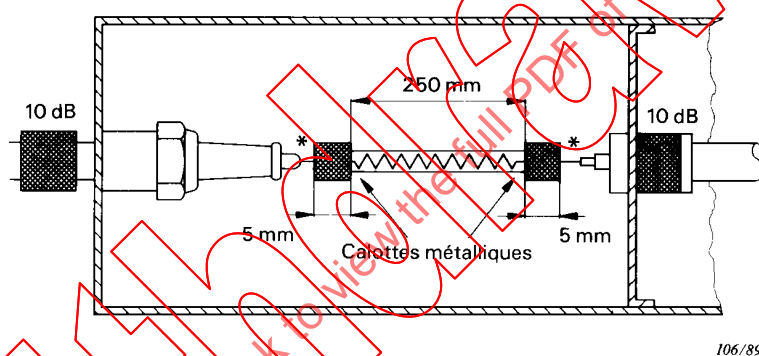


Figure E.11 – Câble d'allumage antiparasité (résistant ou réactif)

* Tous les câbles de connexion aux éléments d'antiparasitage à l'essai doivent être aussi courts que possible, ou de la longueur spécifiée lorsqu'elle est donnée.

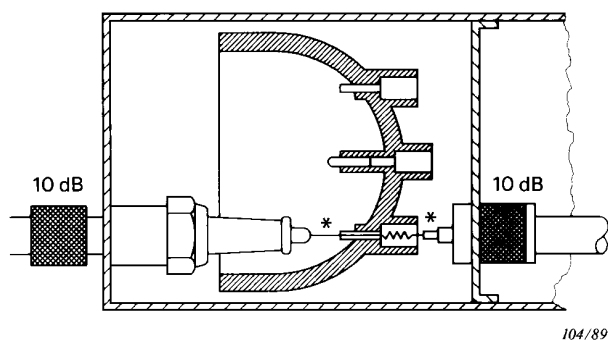


Figure E.9 – Noise suppressor in distributor cap

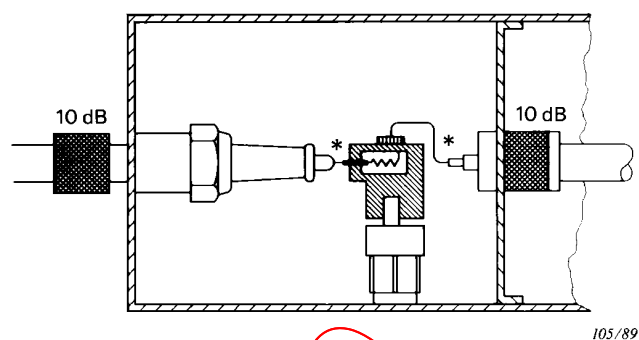


Figure E.10 – Noise suppression distributor rotor

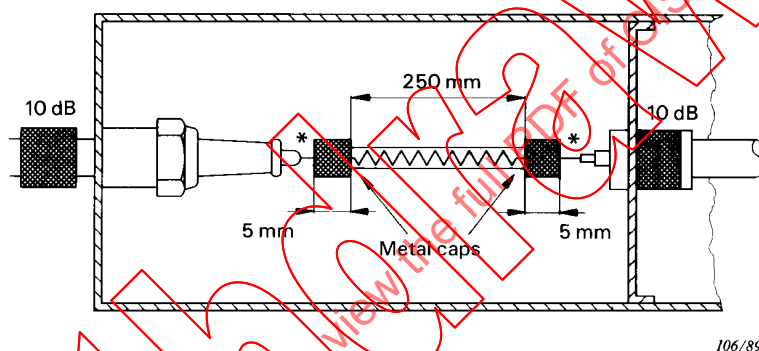


Figure E.11 – Noise suppression ignition cable (resistive or reactive)

* All connecting leads to suppressors under measurement to be kept as short as possible or of specified length where shown.

Annexe F (informative)

Méthodes de mesure des caractéristiques d'atténuation des éléments d'antiparasitage pour les systèmes d'allumage haute tension

F.1 Introduction

La présente annexe spécifie les méthodes d'essai pour l'évaluation de l'efficacité des éléments d'antiparasitage utilisés dans la partie haute tension des systèmes d'allumage des véhicules à moteur à combustion interne, comme les connecteurs HT, les bougies résistives d'allumage.

La bande de fréquences est de 30 MHz à 1 000 MHz.

F.2 Exigences recommandées pour les éléments d'antiparasitage

Les exigences de classe(s) de limite pour les éléments d'antiparasitage doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur basé sur les valeurs du tableau F.1.

Note Aux fréquences de transition, il est recommandé que l'atténuation la plus élevée soit utilisée comme limite.

Tableau F.1 – Limites

Classe	Bande I 30-70 MHz	Bande II 70-200 MHz	Bande III 200-500 MHz	Bande IV 500-1 000 MHz
Atténuation en dB				
1	6	14	8	6
2	12	20	14	12
3	18	26	20	18
4	24	32	26	24
5	30	38	32	30
6	36	44	38	36

F.3 Montage d'essai

Le montage d'essai est représenté aux figures F.1 et F.2.

Les mesures sont réalisées avec un appareil de mesure et une pince absorbante conformes au CISPR 16-1.

L'appareil de mesure RF est placé en mode de détection quasi-crête.

NOTE 1 Puisque les perturbations de l'allumage sont de nature à large bande et que les résonances du système sont réduites par l'utilisation d'une pince absorbante, la bande de fréquences d'essai ne nécessite pas d'être balayée de façon continue, elle peut être décomposée (par exemple logarithmiquement).

NOTE 2 Les mesures crêtes sont à l'étude.

Annex F (informative)

Methods of measurement to determine the attenuation characteristics of ignition noise suppressors for high-tension ignition systems

F.1 Introduction

This annex specifies test methods for the evaluation of the efficiency of ignition noise suppressors used in the high-voltage part of ignition systems of internal combustion engines, such as suppressive HT connectors, resistive spark plugs.

The frequency range is 30 MHz to 1 000 MHz.

F.2 Recommended requirements for ignition noise suppressors

The required limit class(es) for noise suppressors shall be defined by the users of this standard based on the values in table F.1.

NOTE At the transition frequencies the higher attenuation should be considered as a limit.

Table F.1 – Limits

Class	Range I 30–70 MHz	Range II 70–200 MHz	Range III 200–500 MHz	Range IV 500–1 000 MHz
Attenuation in dB				
1	6	14	8	6
2	12	20	14	12
3	18	26	20	18
4	24	32	26	24
5	30	38	32	30
6	36	44	38	36

F.3 Test set-up

The test set-up is shown in figures F.1 and F.2.

The measurement is performed with a measuring instrument and an absorbing clamp according to CISPR 16-1.

The RF measuring instrument is set to quasi-peak measurement.

NOTE 1 Since the ignition disturbance is of a broadband nature and the system resonances have been minimized by use of the absorbing clamp, the frequency range need not be scanned continuously – it may be stepped (for example, logarithmically) instead.

NOTE 2 Peak measurements are under consideration.

La valeur crête de la tension mesurée à la sortie de la bobine d'allumage doit être ajustée à 10 kV en réglant la pression du gaz inerte dans la chambre de compression. L'amplitude des impulsions doit être aussi constante que possible. La fréquence de répétition des impulsions doit être de 50 Hz. La distance de mesure a doit être de 150 mm si aucune valeur différente n'est spécifiée dans les exemples de l'article F.5.

NOTE 3 Protection contre les hautes tensions – L'énergie de systèmes modernes à allumage transistorisé est si élevée que le fait de toucher le côté bas tension peut créer des courants dangereux pour le corps humain. La protection contre les risques dus à la haute tension est nécessaire.

NOTE 4 Protection de la pince absorbante – L'isolement du câble d'allumage à travers la pince absorbante peut ne pas être suffisante pour cette application. Le câble d'allumage doit auparavant être placé à l'intérieur de la pince absorbante à travers des tubes isolants.

Afin de stabiliser la décharge de l'étincelle et ainsi le spectre radiofréquence, il est recommandé d'aérer la chambre de compression (se référer à la figure F.3).

Une distance minimale latérale de 400 mm doit être maintenue entre toute partie métallique (par exemple les parois).

Si le montage d'essai est établi en utilisant différentes parties de tôles métalliques, une bonne connexion électrique entre ces diverses parties doit être assurée.

Le câble de raccord à la masse doit avoir au minimum une section de 5 mm², une largeur minimale de 8 mm et une longueur maximale de 1 200 mm.

Les connexions de l'EST à l'appareil de mesure doivent être aussi proches que possible de la configuration réelle.

F.4 Procédure d'essai

Installer une prise de mesure à l'aide d'une bougie d'allumage de mesure comme défini à l'article F.5.

La puissance de la perturbation radioélectrique est d'abord mesurée sans les éléments d'antiparasitage ensuite la mesure est répétée avec les éléments incorporés.

NOTE Protection contre les saturations à l'entrée de l'appareil de mesure – Pendant l'enregistrement des mesures sans éléments d'antiparasitage, des impulsions d'environ 1 kV atteignent l'entrée de l'appareil de mesure. Cela peut détruire l'appareil de mesure. L'utilisation d'un atténuateur de 20 dB présentant une résistance suffisante en tension et en impulsion évite ce problème.

La différence entre les deux mesures est la perte d'insertion du dispositif d'adaptation de l'élément d'antiparasitage.

The peak voltage, measured at the ignition coil output, shall be set to 10 kV by adjusting the inert gas pressure in the pressure chamber. The amplitude for the pulses shall be as constant as possible. The pulse frequency shall be 50 Hz. The measuring distance a shall be 150 mm if no other values are specified in the examples of clause F.5.

NOTE 3 Protection against high voltages – The energy of modern transistorized ignition systems is so high that touching the low-voltage side may create dangerous currents in a human body. Protection against high-voltage hazards is necessary.

NOTE 4 Protection of the absorbing clamp – The insulation of the ignition cable through the absorbing clamp may not be sufficient for this application. The ignition cable shall therefore be housed within the absorbing clamp in insulating pipes.

In order to stabilize the spark discharge and thus the RF spectrum it is recommended to ventilate the pressure chamber (refer to figure F.3).

A lateral minimum distance to metallic parts (for example, walls) of 400 mm shall be maintained.

If the set-up is constructed using different parts of sheet metal, good electrical connection between the different parts shall be ensured.

The ground strap shall have a minimum cross-sectional area of 5 mm², a minimum width of 8 mm and a maximum length of 1 200 mm.

The connections of the EUT to the measuring equipment shall be as close to reality as possible.

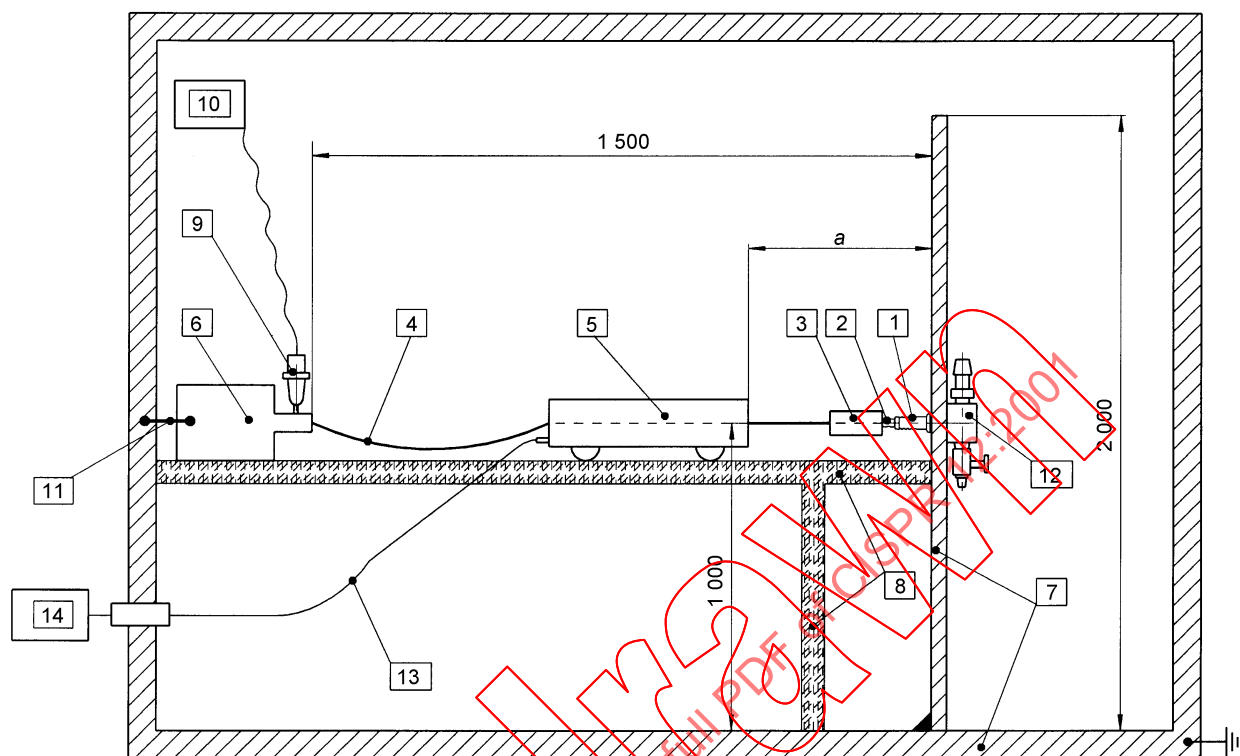
F.4 Test procedure

Install a measuring spark plug as defined in clause F.5.

The RF disturbance power is first measured without ignition noise suppressors, then the measurement is repeated with the ignition noise suppressors inserted.

NOTE Overload protection of the measuring instrument input – During recording the situation without ignition noise suppression, pulses of about 1 kV reach the measuring instrument input. This may destroy the measuring instrument. The use of a 20 dB attenuator with sufficient voltage/pulse resistance avoids this problem.

The difference between both measurements is the insertion loss of the ignition noise suppression device.



IEC 584/97

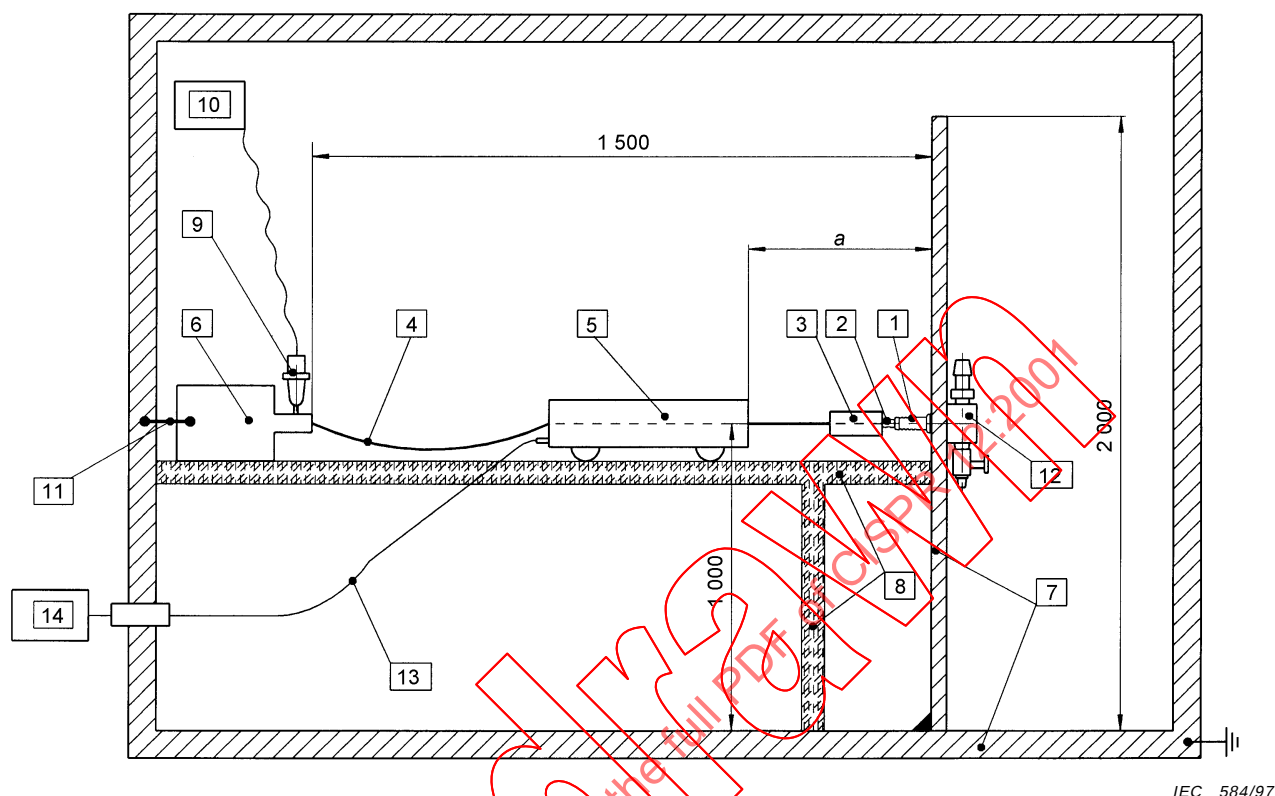
Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Ecartement d'électrode fourni par une bougie d'allumage de mesure selon l'article F.5
- 2 Connexion à la bougie d'allumage
- 3 EST
- 4 Câble d'allumage haute tension, non blindé et sans éléments d'antiparasitage
- 5 Pince absorbante
- 6 Système composé d'une bobine d'allumage transistorisé avec alimentation et générateur d'impulsions de fréquence (borne négative reliée à la masse)
- 7 Tôles métalliques du mur et du sol
- 8 Tableau et support non métallique
- 9 Sonde haute tension
- 10 Appareil de mesure de tension crête (par exemple oscilloscope)
- 11 Raccord de masse
- 12 Chambre de compression avec aération selon l'article F.3
- 13 Câble de mesure
- 14 Appareil de mesure de perturbation radiofréquence

a est la distance de mesure (voir l'article F.3).

Figure F.1 – Montage d'essai, vue de côté



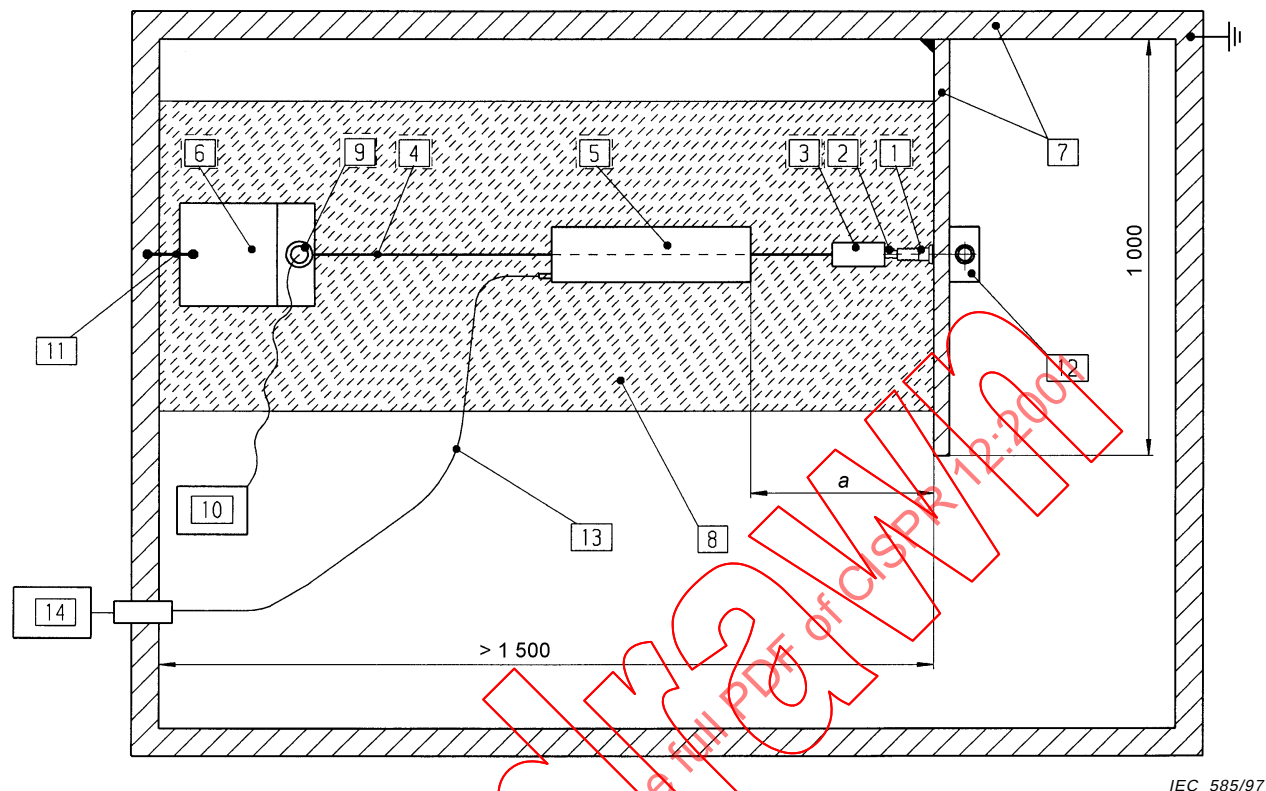
IEC 584/97

*Dimensions in millimetres***Key**

- 1 Spark-gap provided by a measuring spark plug according to clause F.5
- 2 Connection to the spark plug
- 3 EUT
- 4 HT ignition cable, not shielded and without suppressive elements
- 5 Absorbing clamp
- 6 Transistorized ignition coil system with power supply and pulse-frequency generator (negative terminal connected to ground)
- 7 Wall and floor sheet metal
- 8 Table and supports, non-metallic
- 9 HT probe
- 10 Peak-voltage measuring instrument (for example, oscilloscope)
- 11 Ground strap
- 12 Pressure chamber with ventilation according to clause F.3
- 13 Measuring cable
- 14 RF disturbance measuring instrument

a is the measuring distance (see clause F.3).

Figure F.1 – Test set-up, side view



IEC 585/97

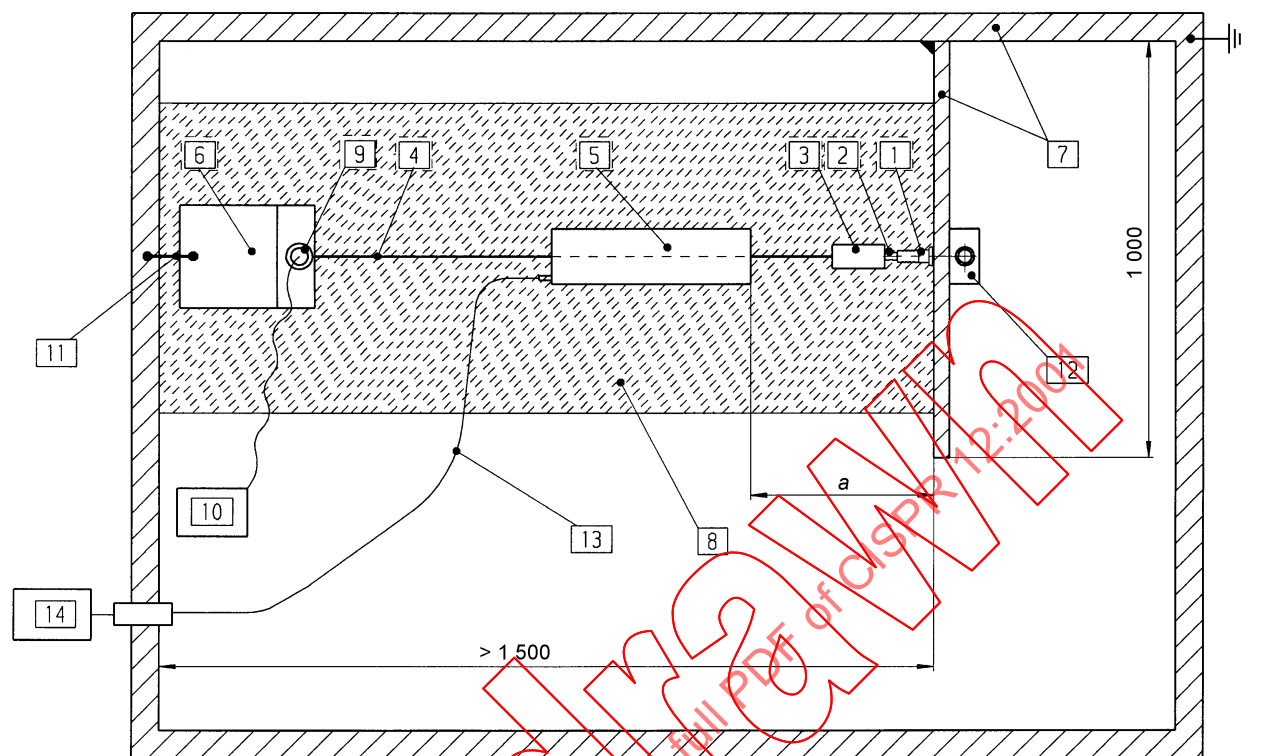
Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Ecartement d'électrode fourni par une bougie d'allumage de mesure selon l'article F.5
- 2 Connexion à la bougie d'allumage
- 3 EST
- 4 Câble d'allumage haute tension, non blindé et sans éléments d'antiparasitage
- 5 Pince absorbante
- 6 Système composé d'une bobine d'allumage transistorisé avec alimentation et générateur d'impulsions de fréquence (borne négative reliée à la masse)
- 7 Tôles métalliques du mur et du sol
- 8 Tableau et support non métallique
- 9 Sonde haute tension
- 10 Appareil de mesure de tension crête (par exemple oscilloscope)
- 11 Raccord de masse
- 12 Chambre de compression avec aération selon l'article F.3
- 13 Câble de mesure
- 14 Appareil de mesure de perturbation radiofréquence

a est la distance de mesure (voir l'article F.3).

Figure F.2 – Montage d'essai, vue de dessus



IEC 585/97

Dimensions in millimetres

Key

- 1 Spark-gap provided by a measuring spark plug according to clause F.5
- 2 Connection to the spark plug
- 3 EUT
- 4 HT ignition cable, not shielded and without suppressive elements
- 5 Absorbing clamp
- 6 Transistorized ignition coil system with power supply and pulse frequency generator (negative terminal connected to ground)
- 7 Wall and floor sheet metal
- 8 Table and supports, non-metallic
- 9 HT probe
- 10 Peak-voltage measuring instrument (for example, oscilloscope)
- 11 Ground strap
- 12 Pressure chamber with ventilation according to clause F.3
- 13 Measuring cable
- 14 RF disturbance measuring instrument

a is the measuring distance (see clause F.3).

Figure F.2 – Test set-up, top view