

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

CORRIGENDUM 1

Page 93

Replace the third paragraph of Clause C.4 as follows:

In each of the eight positions, the validation factor [expressed in $\text{dB}(\Omega) = 20 \log(V_{go}/I_l)$] of the open circuit voltage of the RF generator (V_{go}) and the measured current (I_l) shall not deviate more than ± 2 dB from the validation factor given in Figure C.8.

Page 95

Replace the existing Figure C.8 by the following new Figure C.8:

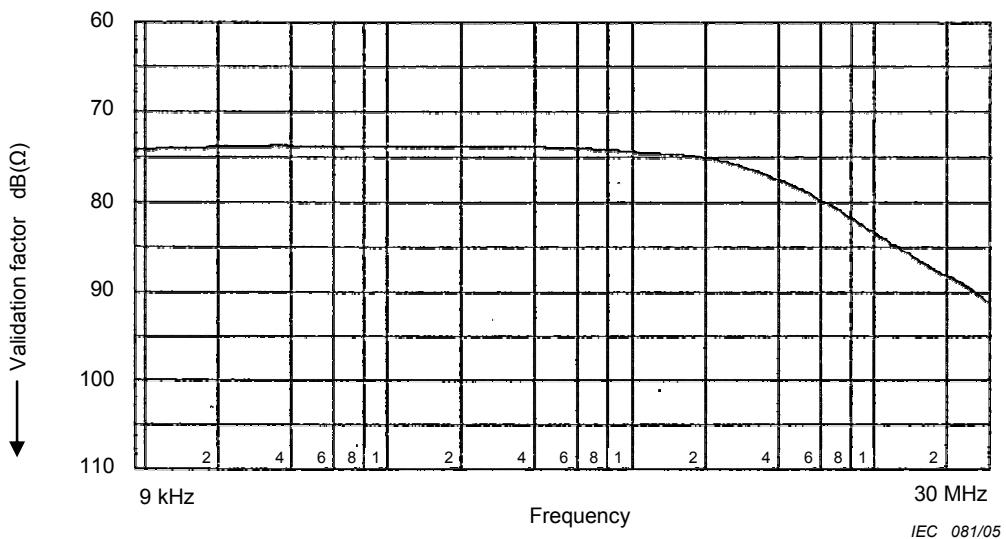


Figure C.8 – Validation factor for a large loop-antenna of 2 m diameter

Page 101

Item c)

Replace the second paragraph by the following new text:

Then the validation factor is found by subtracting, at each frequency, S_3 , the value of the relative sensitivity as given in Figure C.11, from the validation factor as given in Figure C.8. Hence, if the measuring frequency is 100 kHz, the validation factor for the LLA with $D = 3$ m equals $(73,5 - (-7,5)) = 81 \text{ dB}(\Omega)$.

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

CORRIGENDUM 1

Page 92

Remplacer le troisième alinéa de l'article C.4 par l'alinéa suivant:

Pour chacune des huit positions, le facteur de validation [exprimé en $\text{dB}(\Omega) = 20 \log(V_{go}/I_l)$] de la tension en circuit ouvert du générateur RF (V_{go}) et du courant mesuré (I_l) ne doit pas s'écartez de plus de ± 2 dB du facteur de validation indiqué à la figure C.8.

Page 94

Remplacer la Figure C.8 existante par la nouvelle Figure C.8 suivante:

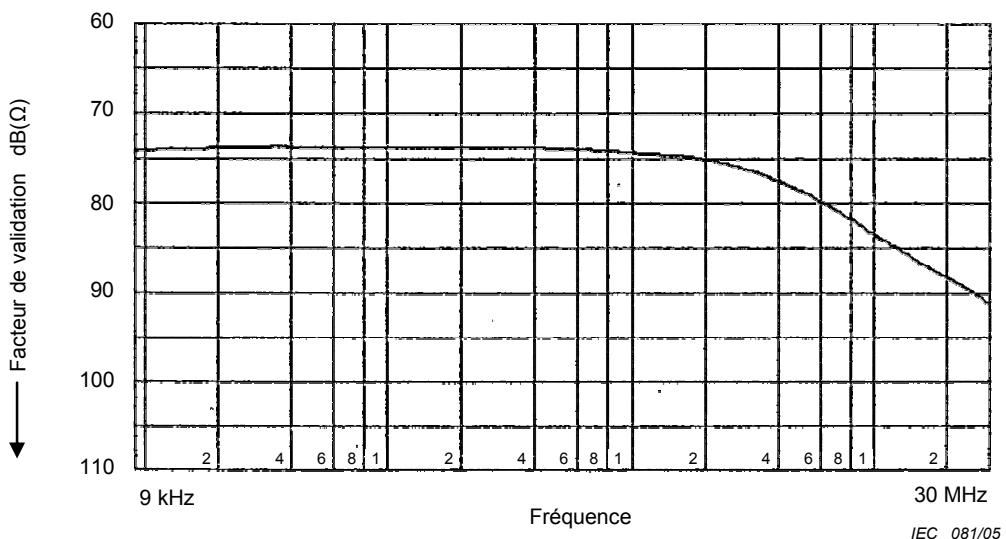


Figure C.8 – Facteur de validation d'une antenne cadre de 2 m de diamètre

Page 100

item c)

Remplacer le deuxième alinéa par le nouveau texte suivant:

On obtient alors le facteur de validation pour chaque fréquence en soustrayant au facteur de validation donné à la Figure C.8 la valeur de la sensibilité relative S_3 donnée à la Figure C.11. Ainsi, si la fréquence de mesure est de 100 kHz, le facteur de validation de l'antenne cadre pour laquelle $D = 3$ m est égal à $(73,5 - (-7,5)) = 81 \text{ dB}(\Omega)$.

Février 2005

**COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE**

**CISPR
16-1-4**

**INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION**

**Edition 1.1
2004-05**

Edition 1:2003 consolidée par l'amendement 1:2004
Edition 1:2003 consolidated with amendment 1:2004

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

**Spécifications des méthodes et des appareils
de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité aux perturbations
radioélectriques –**

**Partie 1-4:
Appareils de mesure des perturbations radio-
électriques et de l'immunité aux perturbations
radioélectriques – Matériels auxiliaires –
Perturbations rayonnées**

**Specification for radio disturbance and immunity
measuring apparatus and methods –**

**Part 1-4:
Radio disturbance and immunity measuring
apparatus – Ancillary equipment –
Radiated disturbances**



Numéro de référence
Reference number
CISPR 16-1-4:2003+A1:2004

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CISPR
16-1-4**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Edition 1.1
2004-05**

Edition 1:2003 consolidée par l'amendement 1:2004
Edition 1:2003 consolidated with amendment 1:2004

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

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –

Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radio- électriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances

© IEC 2004 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XB

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉFÉRENCES CROISÉES	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées	18
5 Emplacements d'essai pour les mesures du champ perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz	34
6 Chambre réverbérante pour la mesure de la puissance totale rayonnée	78
7 Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées	82
8 Emplacement d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	82
Annexe A (normative) Paramètres des antennes à large bande	86
Annexe B (normative) Equations donnant les caractéristiques du monopole (antenne fouet de 1 m) et caractérisation du réseau d'adaptation associé à l'antenne	94
Annexe C (normative) Système d'antennes cadres pour la mesure des courants induits par des champs magnétiques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	104
Annexe D (informative) Détails de construction des emplacements d'essai en espace libre dans la gamme de fréquences 30 MHz à 1 000 MHz (article 5)	122
Annexe E (normative) Procédure de validation de l'emplacement d'essai en espace libre pour la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (article 5)	128
Annexe F (informative) Base pour le critère de 4 dB pour l'acceptabilité de l'emplacement (article 5)	144

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
TABLE RECAPITULATING CROSS REFERENCES	11
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance	19
5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz	35
6 Reverberating chamber for total radiated power measurement	79
7 TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement	83
8 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz	83
Annex A (normative) Parameters of broadband antennas	87
Annex B (normative) Monopole (1 m rod antenna) performance equations and characterization of the associated antenna matching network	95
Annex C (normative) Loop antenna system for magnetic field induced current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz	105
Annex D (informative) Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (clause 5)	123
Annex E (normative) Validation procedure of the open area test site for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (clause 5)	129
Annex F (informative) Basis for 4 dB site acceptability criterion (clause 5)	145

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES**

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

**Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –
Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CISPR 16-1-4 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

La présente version consolidée du CISPR 16-1-4 est issue de la première édition (2003) et de son amendement 1 (2004) [documents CISPR/A/499/FDIS et CISPR/A/514/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

**Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus –
Ancillary equipment – Radiated disturbances**

FOREWORD

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

International Standard CISPR 16-1-4 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio interference measurements and statistical methods.

This consolidated version of CISPR 16-1-4 is based on the first edition (2003) and its amendment 1 (2004) [documents CISPR/A/499/FDIS and CISPR/A/514/RVD].

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 1 ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Les publications CISPR 16-1, CISPR 16-2, CISPR 16-3 et CISPR 16-4 ont été réorganisées en 14 parties, dans le but de pouvoir gérer plus facilement leur évolution et maintenance. Les nouvelles parties portent de nouveaux numéros. Voir la liste donnée ci-dessous.

Anciennes publications CISPR 16		Nouvelles publications CISPR 16	
CISPR 16-1	Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques	CISPR 16-1-1	Appareils de mesure
		CISPR 16-1-2	Matériels auxiliaires – Perturbations conduites
		CISPR 16-1-3	Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice
		CISPR 16-1-4	Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées
		CISPR 16-1-5	Emplacements d'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz
CISPR 16-2	Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité	CISPR 16-2-1	Mesures des perturbations conduites
		CISPR 16-2-2	Mesure de la puissance perturbatrice
		CISPR 16-2-3	Mesures des perturbations rayonnées
		CISPR 16-2-4	Mesures de l'immunité
CISPR 16-3	Rapports et recommandations du CISPR	CISPR 16-3	Rapports techniques du CISPR
		CISPR 16-4-1	Incertitudes dans les essais normalisés en CEM
		CISPR 16-4-2	Incertitudes de l'instrumentation de mesure
		CISPR 16-4-3	Considérations statistiques dans la détermination de la conformité CEM des produits fabriqués en grand nombre
CISPR 16-4	Incertitudes dans les mesures CEM	CISPR 16-4-4	Statistiques des plaintes pour le calcul des limites

Des informations plus spécifiques concernant la relation entre l' "ancienne" CISPR 16-1 et la "nouvelle" CISPR 16-1-4 sont données dans le tableau qui suit cette introduction (TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉFÉRENCES CROISÉES).

Les spécifications des appareils de mesure sont données dans les cinq nouvelles parties de la CISPR 16-1, alors que les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques sont désormais couvertes par les quatre nouvelles parties de la CISPR 16-2. Différents rapports avec des informations sur le contexte du CISPR et sur les perturbations radioélectriques en général sont données dans la CISPR 16-3. La CISPR 16-4 contient des informations relatives aux incertitudes, aux statistiques et à la modélisation des limites.

La CISPR 16-1 est constituée des cinq parties suivantes, sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité – Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques:*

- Partie 1-1: Appareils de mesure,
- Partie 1-2: Matériels auxiliaires – Perturbations conduites,
- Partie 1-3: Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice,
- Partie 1-4: Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées,
- Partie 1-5: Emplacements d'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz.

INTRODUCTION

CISPR 16-1, CISPR 16-2, CISPR 16-3 and CISPR 16-4 have been reorganised into 14 parts, to accommodate growth and easier maintenance. The new parts have also been renumbered. See the list given below.

Old CISPR 16 publications		New CISPR 16 publications	
CISPR 16-1	Radio disturbance and immunity measuring apparatus	CISPR 16-1-1	Measuring apparatus
CISPR 16-2	Methods of measurement of disturbances and immunity	CISPR 16-1-2	Ancillary equipment – Conducted disturbances
CISPR 16-3	Reports and recommendations of CISPR	CISPR 16-1-3	Ancillary equipment – Disturbance power
CISPR 16-4	Uncertainty in EMC measurements	CISPR 16-1-4	Ancillary equipment – Radiated disturbances
		CISPR 16-1-5	Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz
		CISPR 16-2-1	Conducted disturbance measurements
		CISPR 16-2-2	Measurement of disturbance power
		CISPR 16-2-3	Radiated disturbance measurements
		CISPR 16-2-4	Immunity measurements
		CISPR 16-3	CISPR technical reports
		CISPR 16-4-1	Uncertainties in standardised EMC tests
		CISPR 16-4-2	Measurement instrumentation uncertainty
		CISPR 16-4-3	Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products
		CISPR 16-4-4	Statistics of complaints and a model for the calculation of limits

More specific information on the relation between the ‘old’ CISPR 16-1 and the present ‘new’ CISPR 16-1-4 is given in the table after this introduction (TABLE RECAPITULATING CROSS REFERENCES).

Measurement instrumentation specifications are given in five new parts of CISPR 16-1, while the methods of measurement are covered now in four new parts of CISPR 16-2. Various reports with further information and background on CISPR and radio disturbances in general are given in CISPR 16-3. CISPR 16-4 contains information related to uncertainties, statistics and limit modelling.

CISPR 16-1 consists of the following parts, under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Radio disturbance and immunity measuring apparatus*:

- Part 1-1: Measuring apparatus,
- Part 1-2: Ancillary equipment – Conducted disturbances,
- Part 1-3: Ancillary equipment – Disturbance power,
- Part 1-4: Ancillary equipment – Radiated disturbances,
- Part 1-5: Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉFÉRENCES CROISÉES

Deuxième édition de la CISPR 16-1
Articles, paragraphes

1
2
3

5.5
5.6
5.7
5.9
5.12

Annexes
O
X
P
K
G
L

Figures
13, ..., 17
51
18,19
43
P.1, ..., P.11

Tableaux
16,17

Première édition de la CISPR 16-1-4
Articles, paragraphes

1
2
3

4
5
6
7
8

Annexes
A
B
C
D
E
F

Figures
1, ..., 5
6
7,8
B.1
C.1, ..., C.11

Tableaux
1,2

TABLE RECAPITULATING CROSS REFERENCES

Second edition of CISPR 16-1 Clauses, subclauses	First edition of CISPR 16-1-4 Clauses, subclauses
1	1
2	2
3	3
5.5	4
5.6	5
5.7	6
5.9	7
5.12	8
Annexes	Annexes
O	A
X	B
P	C
K	D
G	E
L	F
Figures	Figures
13, ..., 17	1, ..., 5
51	6
18,19	7,8
43	B.1
P.1, ..., P.11	C.1, ..., C.11
Tables	Tables
16,17	1,2

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

Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme fondamentale qui spécifie les caractéristiques et les performances des appareils de mesure de perturbations rayonnées dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 18 GHz.

Elle comprend les spécifications pour les matériels auxiliaires suivants: antenne et emplacement d'essai, cellules TEM et chambre réverbérante.

Les exigences de cette publication doivent être satisfaites à toutes les fréquences et à tous niveaux de perturbation radioélectrique rayonnée, dans les limites de la plage de lecture des appareils de mesure du CISPR.

Les méthodes de mesure sont traitées dans la partie 2-3, et des informations supplémentaires sur les perturbations radioélectriques sont données dans la partie 3 de la CISPR 16. Les incertitudes, les statistiques et la modélisation des limites sont couvertes par la partie 4 de la CISPR 16.

2 Références normatives

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

CISPR 14-1:2000, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

CISPR 16-1-1:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité – Appareils de mesure*

CISPR 16-1-5:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-5: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité – Emplacements d'essai pour l'étalonnage des antennes de 30 MHz à 1 000 MHz.*

CISPR 16-2-1:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites*

CISPR 16-2-3:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées*

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances

1 Scope

This part of CISPR 16 is designated a basic standard, which specifies the characteristics and performance of equipment for the measurement of radiated disturbances in the frequency range 9 kHz to 18 GHz.

Specifications for ancillary apparatus are included for: antennas and test sites, TEM cells, and reverberating chambers.

The requirements of this publication shall be complied with at all frequencies and for all levels of radiated disturbances within the CISPR indicating range of the measuring equipment.

Methods of measurement are covered in Part 2-3, and further information on radio disturbance is given in Part 3 of CISPR 16. Uncertainties, statistics and limit modelling are covered in Part 4 of CISPR 16.

2 Normative references

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

CISPR 14-1:2000, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

CISPR 16-1-1:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus*

CISPR 16-1-5:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration and site validation*

CISPR 16-2-1:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of immunity and disturbance – Conducted disturbance measurements*

CISPR 16-2-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of immunity and disturbance – Radiated disturbance measurements*

CISPR 16-3:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 3: Rapports techniques du CISPR*

CISPR 16-4-1:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-1: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes dans les essais normalisés en CEM*

CISPR 16-4-2:2003, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de l'instrumentation de mesure*

CEI 60050(161):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux en métrologie, Organisation Internationale de Normalisation, Genève, seconde édition, 1993

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie du CISPR 16, les définitions suivantes sont applicables. Voir également les définitions de la CEI 60050(161).

3.1

bande passante (B_n)

largeur de la courbe de sélectivité globale du récepteur entre deux points situés à un niveau déterminé en dessous de la réponse en milieu de bande. La bande passante est représentée par le symbole B_n , où n est le niveau exprimé en décibels

3.2

plage de lecture du CISPR

plage spécifiée par le fabricant, donnant les indications maximale et minimale de l'appareil de mesure, dans laquelle le récepteur satisfait aux exigences de la présente partie du CISPR 16

3.3

emplacement d'essai pour l'étalonnage (CALTS)

emplacement d'essai en champ libre avec un plan de sol métallique et un affaiblissement d'emplacement en polarisation horizontale et verticale du champ électrique très précisément spécifié.

Un CALTS est utilisé pour déterminer le facteur d'antenne en espace libre d'une antenne.

Les mesures d'affaiblissement d'emplacement d'un CALTS sont utilisées pour la comparaison avec les mesures correspondantes d'affaiblissement d'emplacement d'un emplacement d'essai de conformité, afin d'évaluer les performances de l'emplacement d'essai de conformité

3.4

emplacement d'essai de conformité (COMTS)

environnement qui garantit des résultats de mesure valides et répétables des perturbations en champ électrique produites par des appareils en essai afin d'évaluer leur conformité à des limites

CISPR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and Immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

CISPR 16-4-1:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*

CISPR 16-4-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainties*

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

International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, International Organization for Standardization, Geneva, 2nd edition, 1993

3 Definitions

For the purpose of this part of CISPR 16, the following definitions apply. Also see IEC 60050(161).

3.1

bandwidth (B_n)

the width of the overall selectivity curve of the receiver between two points at a stated attenuation, below the midband response. The bandwidth is represented by the symbol B_n , where n is the stated attenuation in decibels

3.2

CISPR indicating range

it is the range specified by the manufacturer which gives the maximum and the minimum meter indications within which the receiver meets the requirements of this part of CISPR 16

3.3

calibration test site (CALTS)

open area test site with metallic ground plane and tightly specified site attenuation performance in horizontal and vertical electric field polarization.

A CALTS is used for determining the free-space antenna factor of an antenna.

Site attenuation measurements of a CALTS are used for comparison to corresponding site attenuation measurements of a compliance test site, in order to evaluate the performance of the compliance test site

3.4

compliance test site (COMTS)

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

3.5**antenne**

partie d'un système d'émission ou de réception qui est conçue pour rayonner ou pour recevoir des ondes électromagnétiques d'une façon déterminée

NOTE 1 Dans le contexte de cette norme, le symétriseur fait partie de l'antenne.

NOTE 2 Voir également le terme «antenne filaire».

3.6**symétriseur**

réseau électrique passif permettant la transition entre une ligne de transmission ou un dispositif symétrique et une ligne de transmission ou un dispositif non symétrique, ou le contraire

3.7**doublet résonnant en espace libre**

antenne filaire constituée de deux conducteurs droits et colinéaires de même longueur, placés bout à bout, séparés par un petit espacement, chacun des conducteurs ayant une longueur d'environ un quart de longueur d'onde de telle sorte qu'à la fréquence spécifiée, l'impédance d'entrée de l'antenne filaire mesurée de part et d'autre de l'espacement soit un réel pur quand le doublet est situé en espace libre

NOTE 1 Dans le contexte de cette norme, cette antenne filaire connectée au symétriseur spécifié est aussi appelée «antenne d'essai».

NOTE 2 Cette antenne filaire est aussi nommée «doublet accordé».

3.8**affaiblissement de l'emplacement**

affaiblissement entre deux positions spécifiées sur un emplacement d'essai, correspondant à l'affaiblissement d'insertion déterminé par une mesure entre deux accès, lorsqu'une connexion électrique directe entre la sortie du générateur et l'entrée du récepteur est remplacée par des antennes d'émission et de réception placées aux positions spécifiées

3.9**antenne d'essai**

combinaison du doublet résonnant en espace libre et du symétriseur spécifié

NOTE Dans le cadre de cette norme seulement.

3.10**antenne filaire**

structure spécifiée constituée d'un ou plusieurs fils ou tringles métalliques destinée à émettre ou recevoir des ondes électromagnétiques

NOTE Une antenne filaire ne contient pas de symétriseur.

3.11**enceinte complètement anéchoïque****FAR**

enceinte blindée dont les surfaces internes sont tapissées par un matériau absorbant les radio-fréquences (c'est-à-dire un absorbant RF) qui absorbe l'énergie électromagnétique dans la gamme de fréquences à laquelle on s'intéresse

3.12**emplacement d'essai en quasi espace libre**

emplacement d'essai pour lequel l'affaiblissement d'emplacement mesuré avec des doublets accordés à polarisation verticale ne s'écarte pas de ± 1 dB de l'affaiblissement en espace libre calculé quelle que soit la fréquence

**3.5
antenna**

that part of a transmitting or receiving system that is designed to radiate or to receive electromagnetic waves in a specified way

NOTE 1 In the context of this standard, the balun is a part of the antenna.

NOTE 2 See also the term "wire antenna".

**3.6
balun**

passive electrical network for the transformation from a balanced to an unbalanced transmission line or device or vice versa

**3.7
free-space-resonant dipole**

wire antenna consisting of two straight colinear conductors of equal length, placed end to end, separated by a small gap, with each conductor approximately a quarter-wavelength long such that at the specified frequency the input impedance of the wire antenna measured across the gap is pure real when the dipole is located in the free space

NOTE 1 In the context of this standard, this wire antenna connected to the balun is also called the "test antenna".

NOTE 2 This wire antenna is also referred to as "tuned dipole".

**3.8
site attenuation**

site attenuation between two specified positions on a test site is the insertion loss determined by a two-port measurement, when a direct electrical connection between the generator output and receiver input is replaced by transmitting and receiving antennae placed at the specified positions

**3.9
test antenna**

combination of the free-space-resonant dipole and the specified balun

NOTE For the purpose of this standard only.

**3.10
wire antenna**

a specified structure consisting of one or more metallic wires or rods for radiating or receiving electromagnetic waves

NOTE A wire antenna does not contain a balun.

**3.11
fully anechoic room
FAR**

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

**3.12
quasi-free space test-site**

test-site for which the site attenuation measured with vertically polarized tuned dipoles deviates by no more than ± 1 dB from the calculated free-space attenuation at any frequency

3.13**volume d'essai**

volume à l'intérieur de la FAR dans lequel l'appareil en essai est placé

NOTE A l'intérieur de ce volume, la condition de quasi espace libre est satisfaite et ce volume se situe généralement à 0,5 m ou plus du matériau absorbant de la FAR.

4 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées

L'antenne et les circuits insérés entre elle et le récepteur de mesure ne doivent pas affecter de manière appréciable les caractéristiques globales du récepteur de mesure. Lorsque l'antenne est connectée au récepteur de mesure, le système de mesure doit être conforme aux exigences de bande passante de la CISPR 16-1-1 pour la bande de fréquences concernée.

L'antenne doit être essentiellement polarisée dans un plan. Elle doit être orientable de façon à pouvoir effectuer la mesure suivant toutes les directions de polarisation. La hauteur du centre de l'antenne au-dessus du sol peut être réglable pour répondre à une procédure d'essai spécifique.

Voir annexe A pour plus d'informations sur les paramètres des antennes à large bande.

4.1 Précisions des mesures de champs

L'erreur sur la mesure d'un champ sinusoïdal uniforme ne doit pas dépasser ± 3 dB lorsqu'on utilise une antenne conforme aux exigences du présent paragraphe avec un récepteur de mesure conforme aux exigences de la CISPR 16-1-1.

NOTE Cette exigence ne comprend pas l'influence de l'emplacement d'essai.

4.2 Gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz

L'expérience a montré que, dans cette bande de fréquences, c'est la composante magnétique du champ qui est à l'origine de la plupart des perturbations observées.

4.2.1 Antenne magnétique

Pour la mesure de la composante magnétique du rayonnement, on peut utiliser soit un cadre blindé électriquement de dimensions telles que l'antenne puisse s'inscrire entièrement dans un carré de 60 cm de côté, soit une antenne appropriée à bâtonnets de ferrite.

L'unité de la composante magnétique du champ est le $\mu\text{A}/\text{m}$ ou, en unité logarithmique, $20 \lg(\mu\text{A}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$. La limite d'émission associée doit être exprimée dans les mêmes unités.

NOTE On peut effectuer la mesure directe de la composante magnétique du champ rayonné, en $\mu\text{A}/\text{m}$ ou en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ dans toutes les conditions, c'est-à-dire en champ proche ou en champ lointain. Toutefois, de nombreux récepteurs de mesure du champ sont étalonnés en termes de champ électrique équivalent pour une onde plane en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$, c'est-à-dire en considérant que le rapport des composantes E et H est de 120π ou 377Ω . Cette hypothèse est justifiée dans les conditions de champ lointain, à une distance de la source dépassant un sixième de la longueur d'onde ($\lambda/2\pi$), et dans ce cas la valeur correcte de la composante H peut être obtenue en divisant la valeur de E indiquée par le récepteur par 377, ou en soustrayant 51,5 dB du niveau de E en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ pour obtenir la valeur de H en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$.

Il convient de bien comprendre que le rapport entre E et H déterminé ci-dessus ne s'applique qu'aux conditions de champ lointain.

3.13**test volume**

volume in the FAR in which the EUT is positioned

NOTE In this volume the quasi-free space condition is met and this volume is typically 0,5 m or more from the absorbing material of the FAR.

4 Antennas for measurement of radiated radio disturbance

The antenna and the circuits inserted between it and the measuring receiver shall not appreciably affect the overall characteristics of the measuring receiver. When the antenna is connected to the measuring receiver, the measuring system shall comply with the bandwidth requirements of CISPR 16-1-1 appropriate to the frequency band concerned.

The antenna shall be substantially plane polarized. It shall be orientable so that all polarizations of incident radiation can be measured. The height of the centre of the antenna above ground may have to be adjustable according to a specific test procedure.

For additional information about the parameters of broadband antennas see annex A.

4.1 Accuracy of field-strength measurements

The accuracy of field-strength measurement of a uniform field of a sine-wave shall be better than ± 3 dB when an antenna meeting the requirements of this subclause is used with a measuring receiver meeting the requirements of CISPR 16-1-1.

NOTE This requirement does not include the effect due to a test site.

4.2 Frequency range 9 kHz to 150 kHz

Experience has shown that, in this frequency range, it is the magnetic field component that is primarily responsible for observed instances of interference.

4.2.1 Magnetic antenna

For measurement of the magnetic component of the radiation, either an electrically-screened loop antenna of dimension such that the antenna can be completely enclosed by a square having sides of 60 cm in length, or an appropriate ferrite-rod antenna, may be used.

The unit of the magnetic field strength is $\mu\text{A}/\text{m}$ or, in logarithmic units, $20 \log(\mu\text{A}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$. The associated emission limit shall be expressed in the same units.

NOTE Direct measurements can be made of the strength of the magnetic component, in $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ or $\mu\text{A}/\text{m}$ of a radiated field under all conditions, that is, both in the near field and in the far field. However, many field strength measuring receivers are calibrated in terms of the equivalent plane wave electric field strength in $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$, i.e. assuming that the ratio of the E and H components is 120π or 377Ω . This assumption is justified under far-field conditions at distances from the source exceeding one sixth of a wavelength ($\lambda/2\pi$), and in such cases the correct value for the H component can be obtained by dividing the E value indicated on the receiver by 377, or by subtracting 51,5 dB from the E level in $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ to give the H level in $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$.

It should be clearly understood that the above fixed E and H ratio applies only under far-field conditions.

Pour obtenir la valeur de H ($\mu\text{A}/\text{m}$), la lecture E ($\mu\text{V}/\text{m}$) est divisée par 377Ω :

$$H (\mu\text{A}/\text{m}) = E (\mu\text{V}/\text{m}) / 377 \Omega \quad (1)$$

pour obtenir la valeur de H dB($\mu\text{A}/\text{m}$), on soustrait à la lecture de E dB($\mu\text{V}/\text{m}$) $51,5 \text{ dB}(\Omega)$:

$$H \text{ dB}(\mu\text{A}/\text{m}) = E \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) - 51,5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

L'impédance $Z = 377 \Omega$, avec $20 \lg Z = 51,5 \text{ dB}(\Omega)$, utilisée dans les conversions ci-dessus, est une constante provenant de l'étalonnage des appareils de mesure du champ indiquant le champ magnétique en $\mu\text{V}/\text{m}$ (ou $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$).

4.2.2 Symétrisation de l'antenne

La symétrisation de l'antenne doit être telle que, lorsqu'elle subit une rotation dans un champ uniforme, le niveau d'amplitude dans la direction de la polarisation transversale soit au moins inférieur de 20 dB à celui de l'amplitude dans la direction de polarisation parallèle.

4.3 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz

4.3.1 Antenne électrique

Pour la mesure de la composante électrique du champ, on peut utiliser soit une antenne symétrique, soit une antenne dissymétrique. Dans ce dernier cas, la mesure se rapporte uniquement à l'effet du champ électrique sur une antenne fouet disposée verticalement. Le type d'antenne utilisé doit être indiqué en même temps que le résultat des mesures.

Les informations relatives au calcul des caractéristiques d'une antenne monopole (fouet) de 1 m de long et à la caractérisation de son réseau d'adaptation sont données à l'annexe B.

Lorsque la distance entre la source du rayonnement et l'antenne ne dépasse pas 10 m , la longueur totale de l'antenne doit être de 1 m . Pour les distances supérieures à 10 m , cette longueur de 1 m est conservée de préférence, mais on ne doit dépasser en aucun cas 10% de la distance.

L'unité de la composante électrique du champ est le $\mu\text{V}/\text{m}$ ou, en unité logarithmique, $20 \lg(\mu\text{V}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. La limite d'émission associée doit être exprimée dans les mêmes unités.

4.3.2 Antenne magnétique

Pour la mesure de la composante magnétique du rayonnement, on doit utiliser le cadre blindé électriquement décrit en 4.2.1.

Les antennes cadre accordées, électriquement symétriques, peuvent être utilisées pour effectuer des mesures à des champs plus faible que les antennes cadre non accordées, électriquement blindées.

4.3.3 Symétrisation de l'antenne

Si une antenne magnétique ou électrique symétrisée est utilisée, les exigences du 4.2.2 doivent être satisfaites.

4.4 Gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz

4.4.1 Antenne électrique

L'antenne de référence doit être un doublet symétrisé.

To obtain the reading of H ($\mu\text{A}/\text{m}$), the reading E ($\mu\text{V}/\text{m}$) is divided by 377Ω :

$$H (\mu\text{A}/\text{m}) = E (\mu\text{V}/\text{m}) / 377 \Omega \quad (1)$$

To obtain the reading of H dB($\mu\text{A}/\text{m}$), $51,5 \text{ dB}(\Omega)$ is subtracted from the reading E dB($\mu\text{V}/\text{m}$):

$$H \text{ dB}(\mu\text{A}/\text{m}) = E \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) - 51,5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

The impedance $Z = 377 \Omega$, with $20 \log Z = 51,5 \text{ dB}(\Omega)$, used in the above conversions is a constant originating from the calibration of field strength measuring equipment indicating the magnetic field in $\mu\text{V}/\text{m}$ (or $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$).

4.2.2 Balance of antenna

The balance of the antenna shall be such that, when the antenna is rotated in a uniform field, the level in the cross-polarization direction is at least 20 dB below that in the parallel polarization direction.

4.3 Frequency range 150 kHz to 30 MHz

4.3.1 Electric antenna

For the measurement of the electric component of the radiation, either a balanced or an unbalanced antenna may be used. If an unbalanced antenna is used, the measurement will refer only to the effect of the electric field on a vertical rod antenna. The type of antenna used shall be stated with the results of the measurements.

Information pertaining to calculating the performance characteristics of a 1 m length monopole (rod) antenna and the characterization of its matching network is specified in Annex B.

Where the distance between the source of radiation and the antenna is 10 m or less, the total length of the antenna shall be 1 m. For distances greater than 10 m the preferred antenna length is 1 m, but in no case shall it exceed 10 % of the distance.

The unit of electric field strength shall be $\mu\text{V}/\text{m}$ or, in logarithmic units, $20 \log(\mu\text{V}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{Vm})$. The associated emission limit shall be expressed in the same units.

4.3.2 Magnetic antenna

For the measurement of the magnetic component of the radiation, an electrically-screened loop antenna, as described in 4.2.1 shall be used.

Tuned electrically balanced loop antennas may be used to make measurements at lower field strengths than untuned electrically-screened loop antennas.

4.3.3 Balance of antenna

If a balanced electric or a magnetic antenna is used, it shall comply with the requirement of 4.2.2.

4.4 Frequency range 30 MHz to 300 MHz

4.4.1 Electric antenna

The reference antenna shall be a balanced dipole.

4.4.1.1 Doublet symétrisé

Pour les fréquences égales ou supérieures à 80 MHz, l'antenne doit être accordée, et pour les fréquences inférieures à 80 MHz, elle doit avoir une longueur égale à la longueur de l'antenne résonnante à 80 MHz et être accordée et adaptée au conducteur de descente par un dispositif transformateur approprié. La liaison à l'entrée de l'appareil de mesure doit être effectuée au travers d'un dispositif de transformation symétrique-asymétrique.

4.4.1.2 Doublet court

Un doublet plus court qu'une demi-longueur d'onde peut être employé à condition:

- a) que la longueur totale soit supérieure à 1/10 de la longueur d'onde à la fréquence de mesure;
- b) qu'il soit raccordé à un câble suffisamment bien adapté au récepteur pour assurer un rapport d'ondes stationnaires (ROS) sur le câble inférieur à 2,0. L'étalonnage doit tenir compte du ROS;
- c) qu'il ait une discrimination de polarisation équivalente à celle d'un doublet accordé (voir 4.4.2). A cette fin, un symétriseur peut être utile;
- d) que, pour la détermination du champ mesuré, une courbe d'étalonnage (facteur d'antenne) soit définie et utilisée à la distance de mesure spécifiée (c'est-à-dire à une distance au moins égale à trois fois la longueur du doublet);

NOTE Les facteurs d'antenne ainsi obtenus peuvent permettre de satisfaire à l'exigence de mesure de champs sinusoïdaux uniformes à ± 3 dB près. Des exemples de courbes d'étalonnage sont donnés à la figure 1, ils montrent la relation théorique entre le champ et la tension d'entrée du récepteur pour une impédance d'entrée de récepteur de 50Ω et pour différents rapports I/d . Sur ces figures, le symétriseur est considéré comme un transformateur idéal de rapport 1. Il convient toutefois de noter que ces courbes ne tiennent pas compte des pertes du symétriseur, du câble et des désadaptations éventuelles entre le câble et le récepteur.

- e) qu'en dépit de la réduction de sensibilité du mesureur de champ, à cause d'un facteur d'antenne élevé attribué à la longueur réduite du doublet, la limite de mesure du mesureur de champ (déterminée, par exemple, par le bruit du récepteur et le facteur de transmission du doublet) doit rester inférieure, d'au moins 10 dB au niveau du signal mesuré.

4.4.1.1 Balanced dipole

For frequencies 80 MHz or above, the antenna shall be resonant in length, and for frequencies below 80 MHz it shall have a length equal to the 80 MHz resonant length and shall be tuned and matched to the feeder by a suitable transforming device. Connection to the input of the measuring apparatus shall be made through a symmetric-asymmetric transformer arrangement.

4.4.1.2 Shortened dipole

A dipole shorter than a half wavelength may be used provided:

- a) the total length is greater than 1/10 of a wavelength at the frequency of measurement;
- b) it is connected to a cable sufficiently well matched at the receiver end to ensure a voltage standing wave ratio (v.s.w.r.) on the cable of less than 2.0 to 1. The calibration shall take account of the v.s.w.r.;
- c) it has a polarization discrimination equivalent to that of a tuned dipole (see 4.4.2). To obtain this, a balun may be helpful;
- d) for determination of the measured field strength, a calibration curve (antenna factor) is determined and used in the measuring distance (i.e., at a distance of at least three times the length of the dipole);

NOTE The antenna factors thus obtained should make it possible to fulfil the requirement of measuring uniform sine-wave fields with an accuracy not worse than ± 3 dB. Examples of calibration curves are given in figure 1 which shows the theoretical relation between field strength and receiver input voltage for a receiver of input impedance of 50Ω , and for various I/d ratios. On these figures, the balun is considered as an ideal 1:1 transformer. It should be noted, however, that these curves do not account for the losses of the balun, the cable and any mismatch between the cable and the receiver.

- e) in spite of the sensitivity loss of the field-strength meter due to a high antenna factor attributed to the shortened length of the dipole, the measuring limit of the field-strength meter (determined for example by the noise of the receiver and the transmission factor of the dipole) shall remain at least 10 dB below the level of the measured signal.

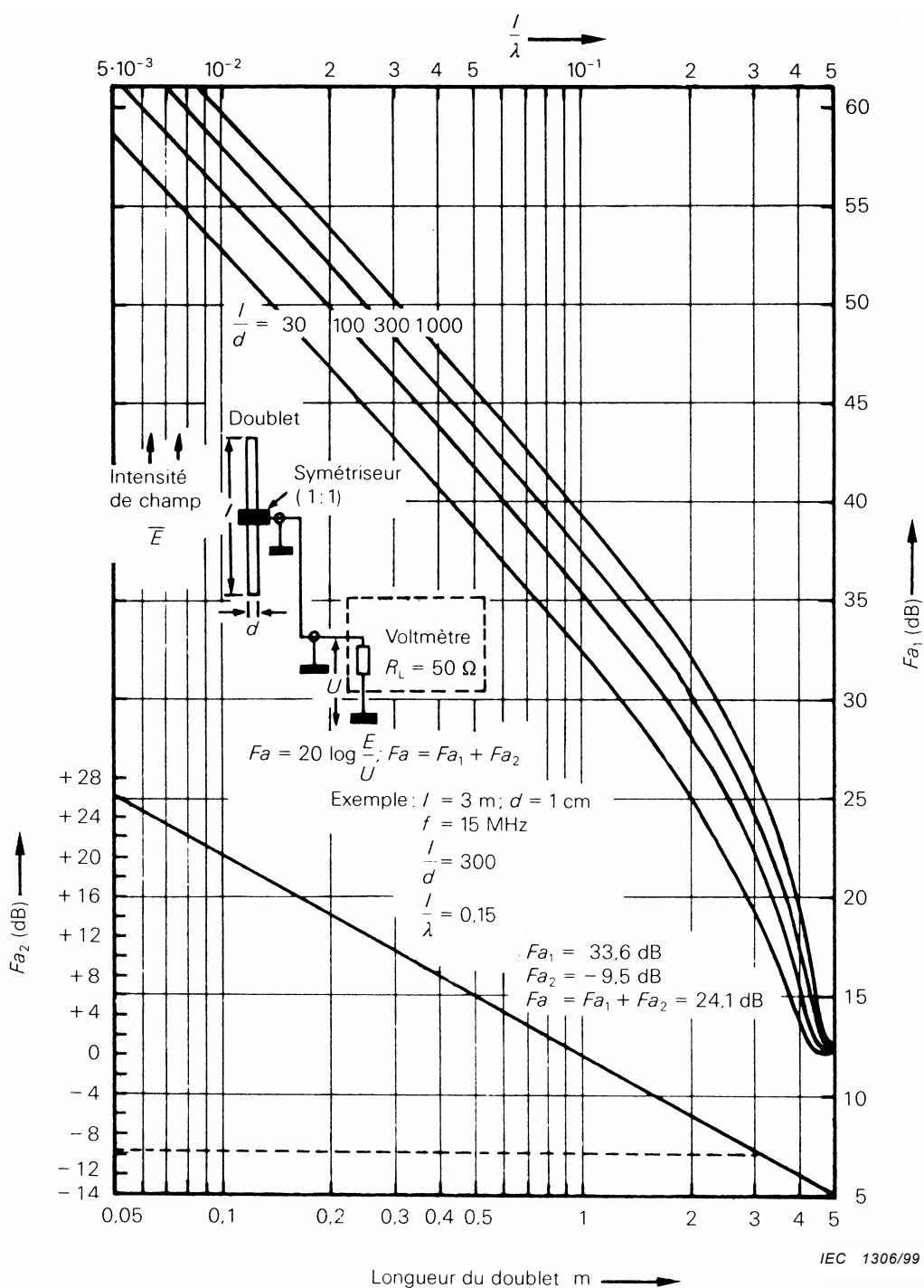
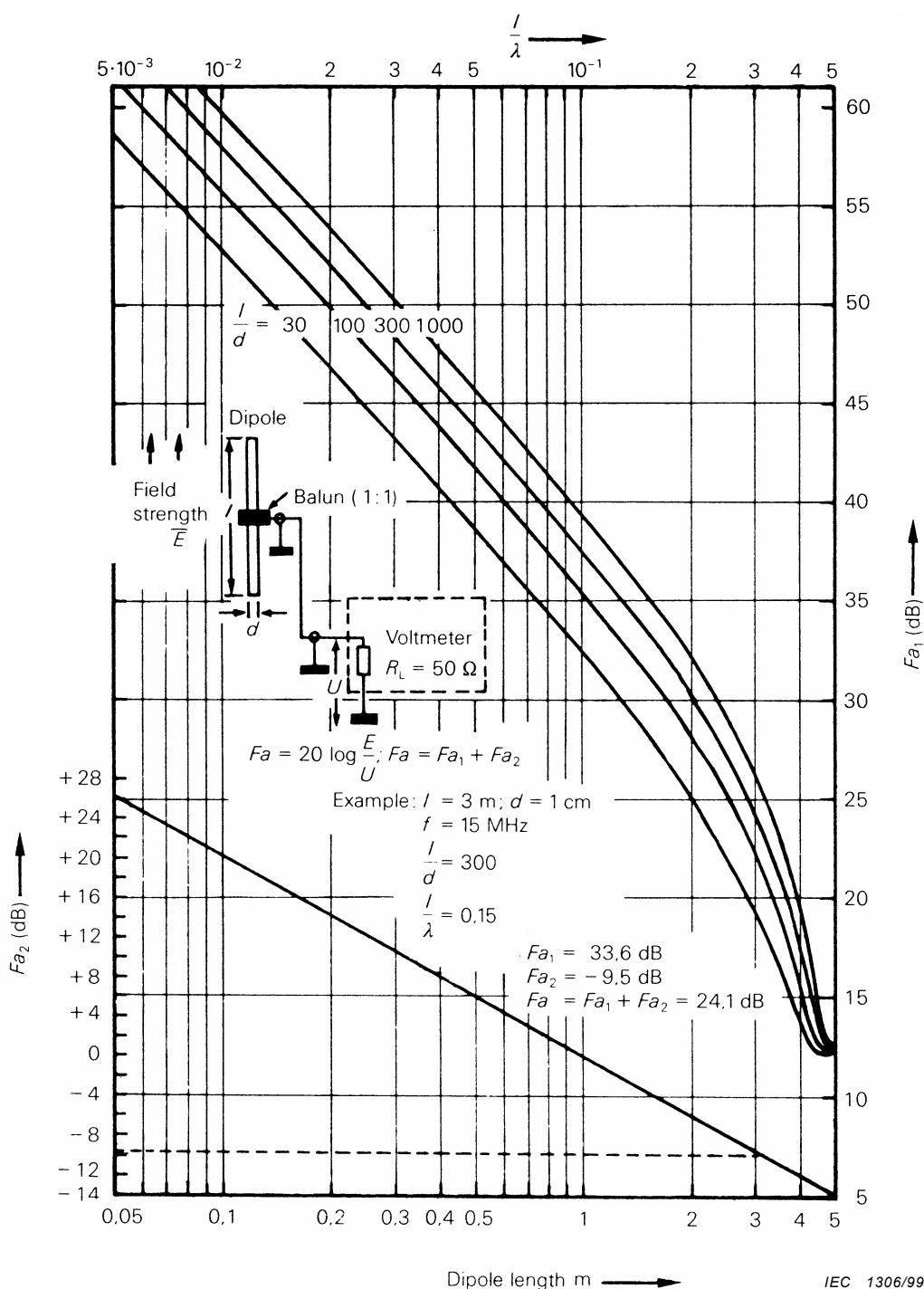


Figure 1 – Facteurs d'antenne des doublets courts pour $R_L = 50 \Omega$

Figure 1 – Short dipole antenna factors for $R_L = 50 \Omega$

4.4.1.3 Antenne à large bande

Une antenne à large bande peut être utilisée à condition qu'elle satisfasse aux exigences indiquées en 4.5.2 pour les antennes complexes.

4.4.2 Symétrisation de l'antenne

4.4.2.1 Introduction

Dans les mesures des émissions rayonnées, des courants de mode commun peuvent exister sur le câble relié à l'antenne de réception (le câble d'antenne). A leur tour, ces courants de mode commun créent des champs électromagnétiques qui peuvent être captés par l'antenne de réception. Les résultats de mesure peuvent de ce fait être influencés.

Les contributions majeures aux courants de mode commun dans le câble d'antenne proviennent

- a) du champ électrique produit par l'appareil en essai, si ce champ a une composante parallèle au câble d'antenne, et
- b) de la conversion du mode différentiel du signal d'antenne (signal utile) en un signal de mode commun du fait de l'imperfection du symétriseur de l'antenne de réception.

Ce paragraphe traite de la contribution du symétriseur. La contribution a) est à l'étude (voir la dernière phrase de la Note 1 du 4.4.2.2).

En général, les antennes log-périodique ne présentent pas une conversion de mode différentiel en mode commun significative et les vérifications qui suivent s'appliquent aux dipôles, aux antennes biconiques et aux antennes hybrides biconiques/log.

4.4.2.2 Vérification de la conversion de mode différentiel en mode commun du symétriseur

La méthode suivante décrit la mesure de deux tensions, U_1 et U_2 , dans la bande de fréquences pour laquelle l'antenne de réception est utilisée. Le rapport de ces tensions, exprimées dans la même unité (par exemple en dB), est une mesure de la conversion de mode différentiel en mode commun.

- 1) Placer l'antenne de réception en essai en polarisation verticale, la hauteur de son centre étant de 1,5 m au-dessus du plan de sol. Placer le câble horizontalement sur $1,5 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ derrière l'élément actif de l'antenne, puis verticalement sur une hauteur d'au moins 1,5 m jusqu'au plan de sol.
- 2) Placer une seconde antenne (d'émission) en polarisation verticale à une distance de 10 m du centre de l'antenne en essai avec sa pointe à 0,10 m du plan de sol. Si la plage de l'emplacement utilisé pour les essais est de 3 m, effectuer cette vérification à une distance de 3 m (si la vérification de la conversion a déjà été effectuée à 10 m de distance et montre une modification de moins $\pm 0,5 \text{ dB}$, il n'est pas nécessaire d'effectuer une mesure séparée à 3 m). La spécification de l'antenne d'émission doit comprendre la gamme de fréquences de l'antenne en essai.
- 3) Connecter une source de signal à l'antenne d'émission, par exemple un générateur à pousuite, régler le niveau du générateur de telle sorte que, dans gamme de fréquences concernée, le rapport signal à bruit ambiant au niveau du récepteur soit supérieur à 10 dB.
- 4) Enregistrer la tension U_1 au niveau du récepteur dans la gamme de fréquence concernée.
- 5) Retourner l'antenne de réception (tourner l'antenne de 180°) sans rien changer d'autre dans la disposition d'essai, en particulier le câble de l'antenne de réception, et sans changer le réglage de la source de signal.
- 6) Enregistrer la tension U_2 au niveau du récepteur sur la gamme de fréquence.

4.4.1.3 Broadband antenna

A broadband antenna may be used, provided that it meets the requirements given in 4.5.2 for a complex antenna.

4.4.2 Balance of antenna

4.4.2.1 Introduction

In radiated emission measurements, common-mode (CM) currents may be present on the cable attached to the receiving antenna (the antenna cable). In turn, these CM currents create EM fields which may be picked up by the receiving antenna. Consequently, the radiated emission measuring results may be influenced.

The major contributions to the antenna cable CM currents stem from

- the electric field generated by the EUT, if that field has a component parallel to the antenna cable, and
- the conversion of the differential mode (DM) antenna signal (the desired signal) into a CM signal by the imperfection of the balun of the receiving antenna.

This subclause considers the balun contribution. Contribution a) is under consideration (see last sentence of NOTE 1 of 4.4.2.2).

In general, log-periodic dipole array antennas do not exhibit significant DM/CM conversion and the following check applies to dipoles, biconical antennas and bicone/log hybrid antennas.

4.4.2.2 Balun DM/CM conversion check

The following method describes the measurement of two voltages, U_1 and U_2 , in the frequency range for which the receiving antenna is to be used. The ratio of these voltages, both expressed in identical units (e.g., dB μ V), is a measure for the DM/CM conversion.

- Set the receiving antenna under test vertically polarized with its centre at a height of 1,5 m above the ground plane. Lay the cable horizontally for 1,5 m \pm 0,1 m behind the rear active element of the antenna and then drop it vertically by a height of at least 1.5 m to the ground plane.
- Place a second (transmitting) antenna vertically polarized at a horizontal distance of 10 m from the centre of the antenna under test with its tip 0,10 m from the ground plane. If the range of the site used for emission testing is 3 m, do this check using a distance of 3 m (if the conversion check has already been made at 10 m distance and shows a change of less than \pm 0,5 dB, it is not necessary to take a separate measurement at 3 m). The specification of the transmitting antenna shall include the frequency range of the antenna under test.
- Connect the transmitting antenna to a signal source, for example, a tracking generator, set the level of that generator in such a way that, over the frequency range of interest, the signal-to-ambient noise at the receiver is larger than 10 dB.
- Record the voltage U_1 at the receiver over the frequency range of interest.
- Invert the receiving antenna (rotate that antenna through 180°) without changing anything else in the set-up, in particular the receiving antenna cable, and without changing the setting of the signal source.
- Record the voltage U_2 at the receiver over the frequency range.

- 7) La conversion mode différentiel / mode commun est suffisamment faible si $|20 \log(U_1/U_2)| < 1 \text{ dB}$.

NOTE 1 Si le critère de conversion mode différentiel / mode commun n'est pas respecté, des anneaux de ferrite autour du câble peuvent réduire la conversion mode différentiel / mode commun. L'ajout de ferrite peut également être utilisé pour vérifier si la contribution a) a un effet non négligeable. Répéter l'essai avec quatre ferrites espacées approximativement de 20 cm. Si le critère est respecté en utilisant ces ferrites, on doit les utiliser au cours des mesures d'émission réelles. De la même façon, l'interaction du câble peut être réduite en l'étendant de plusieurs mètres derrière l'antenne avant de la faire descendre sur le sol.

NOTE 2 Si l'antenne de réception doit être utilisée dans une chambre entièrement anéchoïque, la vérification du rapport mode différentiel / mode commun peut être effectué dans une telle chambre avec l'antenne de réception à sa position usuelle et l'antenne d'émission au centre du volume d'essai de cette chambre. La chambre doit satisfaire au critère des $\pm 4 \text{ dB}$.

NOTE 3 Il convient que l'emplacement d'essai avec plan de sol ou la chambre entièrement anéchoïque soit conforme aux exigences d'ANE respectifs.

NOTE 4 La distance horizontale de 1,5 m sur laquelle le câble d'antenne s'étend derrière le centre de l'antenne doit être conservée comme un minimum pendant les mesures réelles en polarisation verticale des émissions rayonnées.

NOTE 5 Il n'est pas nécessaire de définir strictement l'installation d'essai car son effet est largement dû à l'interaction entre l'antenne et la partie du câble parallèle aux éléments de l'antenne. Les effets dépendant de l'uniformité du champ incident sur l'antenne dans les installations d'essai CEM sur un emplacement d'essai en espace libre ou dans une chambre entièrement anéchoïque sont beaucoup plus faibles.

NOTE 6 Pour les symétriseurs dont le connecteur de câble de réception est monté sur le côté (à 90° du bras de l'antenne), il convient d'utiliser un connecteur à angle droit pour réduire le mouvement du câble.

4.4.3 Performance de polarisation croisée de l'antenne

Lorsque l'antenne est placée dans un champ électromagnétique à polarisation plane, la tension aux bornes, lorsque l'antenne et le champ sont en polarisation croisée, doit être de 20 dB inférieure à celle en co-polarisation. Cet essai s'applique aux antennes dipôle log-périodique réseau pour lesquelles les deux moitiés de chaque dipôle sont décalées. La majorité des essais avec de telles antennes sont effectués au-dessus de 200 MHz, mais ces exigences s'appliquent en dessous de 200 MHz. Cet essai n'est pas destiné pour les dipôles alignés ou les antennes bicôniques car une réjection de polarisation croisée supérieure à 20 dB est une caractéristique de leur conception symétrique. De telles antennes et les antennes cornet doivent avoir une réjection supérieure à 20 dB et un essai de type effectué par le fabricant doit le confirmer.

Afin d'obtenir des conditions d'espace quasi-libre, on peut utiliser une chambre anéchoïque de haute qualité ou une tour de hauteur suffisante par rapport au sol sur un emplacement extérieur. Pour minimiser les réflexions sur le sol, les antennes sont polarisées verticalement. Une onde plane est envoyée sur l'antenne en essai. La distance entre le centre de l'antenne en essai et l'antenne source doit être supérieure à une longueur d'onde.

NOTE Il est nécessaire d'avoir un emplacement de bonne qualité pour envoyer une onde plane sur l'antenne en essai. La discrimination de polarisation croisée peut être démontrée par une transmission entre deux antennes ou cornet ou deux guides d'onde à extrémité ouverte et en vérifiant que la combinaison du défaut de l'emplacement et la caractéristique de polarisation croisée propre à une antenne cornet conduit à une suppression de la composante horizontale de plus de 30 dB. Si les défauts de l'emplacement sont très faibles et si les antennes cornet ont des caractéristiques identiques, la caractéristique de polarisation croisée d'un cornet est d'environ 6 dB plus faible que celle de la combinaison de la paire de cornets.

Un signal parasite de 20 dB inférieur à celui du signal utile donne une erreur maximale de $\pm 0,9 \text{ dB}$ sur le signal utile. L'erreur maximale intervient lorsque le signal en polarisation croisée est en phase avec le signal co-polarisé. Si la réponse en polarisation croisée de l'antenne log-périodique est moins bonne que 20 dB, l'opérateur doit calculer l'incertitude et la déclarer avec les résultats. Par exemple un niveau de polarisation croisée de 14 dB entraîne une incertitude maximale de $+ 1,6 \text{ dB}$ à $- 1,9 \text{ dB}$. On prend la valeur la plus élevée et on suppose une distribution de forme en U pour calculer l'incertitude-type.

Pour ajouter un signal de 0 dB à un autre de - 14 dB, convertir d'abord en tensions relatives en divisant ces valeurs par 20 et en en prenant l'anti-log. Ajouter le plus petit signal au signal unité. Prendre le log et multiplier par 20. Le résultat est l'erreur positive en décibel. Répéter le calcul mais en soustrayant le plus petit signal pour obtenir l'erreur négative en dB.

7) The DM/CM conversion is sufficiently low if $|20 \log (U_1/U_2)| < 1 \text{ dB}$.

NOTE 1 If the DM/CM conversion criterion is not met, ferrite rings around the antenna cable may reduce the DM/CM conversion. The addition of ferrites on the antenna cable may also be used to verify whether contribution a) has a non-negligible effect. Repeat the test with four ferrites spaced approximately 20 cm apart. If the criterion is met by using these rings, they shall be present in the actual emission measurement. Likewise, the interaction with the cable can be reduced by extending the cable several metres behind the antenna before dropping to ground.

NOTE 2 If the receiving antenna is to be used in a fully anechoic chamber, the DM/CM check may be performed in that room with the receiving antenna at its usual location and the transmitting antenna in the centre of the test volume of that room. The room must comply with the $\pm 4 \text{ dB}$ criterion

NOTE 3 The measuring site of which the ground plane forms a part, or the fully anechoic room, should comply with their respective NSA requirements.

NOTE 4 The horizontal distance of 1,5 m over which the antenna cable runs horizontally behind the centre of the antenna shall be kept as a minimum during actual vertically polarized radiated emissions measurements.

NOTE 5 It is not necessary to define a test set-up strictly because this effect is in large part due to the interaction of the antenna and the part of input cable that lies parallel to the antenna elements. There is a much smaller effect which is dependent on the uniformity of the field incident on the antenna in normal EMC set-ups on an OATS or in a fully anechoic room.

NOTE 6 For baluns which have the receive cable connector mounted on the side (90° to the antenna boom), a right angle connector should be used to reduce the movement of the cable.

4.4.3 Cross-polar performance of antenna

When an antenna is placed in a plane-polarized electromagnetic field, the terminal voltage when the antenna and field are cross-polarized shall be at least 20 dB below the terminal voltage when they are co-polarized. It is intended that this test apply to log-periodic dipole array (LPDA) antennas for which the two halves of each dipole are in echelon. The majority of testing with such antennas is above 200 MHz, but the requirement applies below 200 MHz. This test is not intended for in-line dipole and biconical antennas because a cross-polar rejection greater than 20 dB is intrinsic to their symmetrical design. Such antennas and horn antennas must have a cross-polar rejection greater than 20 dB and a type test by the manufacturer should confirm this.

In order to achieve quasi-free space conditions, a high-quality anechoic chamber or towers of sufficient height above ground on an outdoor range can be used. To minimize ground reflections set the antennas vertically polarized. A plane wave shall be set up at the antenna under test. The separation between the centre of the antenna under test and the source antenna shall be greater than one wavelength.

NOTE A good-quality site is needed to set up a plane wave at the antenna under test. The cross-polar discrimination afforded by the plane wave can be proven by transmitting between a pair of horn antennas or open-ended waveguides and checking that the combination of site error and inherent cross-polar performance of one horn antenna yields a suppression of the horizontal component by more than 30 dB. If the site errors are very low and if the horn antennas have identical performance, the cross-polar performance of one horn is approximately 6 dB lower than the combined cross-polar coupling of the pair of horns.

An interfering signal 20 dB lower in level than the desired signal gives a maximum error on the desired signal of $\pm 0,9 \text{ dB}$. The maximum error occurs when the cross-polar signal is in phase with the co-polar signal. If the cross-polar response of the LPDA is worse than 20 dB, the operator must calculate the uncertainty and declare it with the result. For example a cross-polar level of 14 dB implies a maximum uncertainty of $+1,6 \text{ dB}$ to $-1,9 \text{ dB}$. Take the larger value and assume a U-shaped distribution when calculating the standard uncertainty.

To add a signal of 0 dB to another of -14 dB , first convert to relative voltages by dividing by 20 and taking the anti-log. Then add the smaller signal to the unity signal. Take the log and multiply by 20. The result is the positive decibel error. Repeat, but subtracting the smaller signal from the unity signal to give the negative decibel error.

Pour le calcul de l'incertitude sur le résultat de l'émission rayonnée, si le niveau de signal mesuré dans une polarisation dépasse celui du signal mesuré dans la polarisation orthogonale de 6 dB ou plus, l'antenne log-périodique dont la discrimination de polarisation est de seulement 14 dB, sera jugée avoir satisfait à la spécification des 20 dB. Si la différence entre les niveaux en polarisation verticale et en polarisation horizontale est inférieure à 6 dB, l'incertitude supplémentaire doit être calculée si la somme de cette différence et de la polarisation croisée est inférieure à 20 dB.

4.5 Gamme de fréquences de 300 MHz à 1 000 MHz

4.5.1 Antenne électrique

Si une antenne doublet est utilisée, celle-ci doit répondre aux exigences des 4.4.1.1 et 4.4.2.

4.5.2 Antenne complexe

Puisque pour les fréquences de la bande de 300 MHz à 1 000 MHz, la sensibilité d'un doublet simple est faible, on peut utiliser une antenne plus complexe. Une telle antenne doit satisfaire aux exigences suivantes:

- L'antenne doit être essentiellement polarisée dans un plan. Cette qualité doit être contrôlée comme indiqué pour la symétrisation d'un doublet simple.
- Le lobe principal du diagramme de rayonnement doit être tel que la réponse de l'antenne dans la direction du rayonnement direct ne diffère pas de plus de 1 dB de sa réponse dans la direction du rayonnement réfléchi par le sol.

Afin de vérifier cette condition, l'ouverture dans un plan vertical 2ϕ de l'antenne de mesure, à l'intérieur de laquelle le gain d'antenne est à moins de 1 dB de sa valeur maximale, doit être telle que:

- si l'antenne de mesure est maintenue dans une position horizontale:

$$\phi > \operatorname{tg}^{-1} [(h_1 + h_2)/d]$$

- si l'antenne de mesure est inclinée vers le sol dans la position optimale (de manière que les rayonnements directs et réfléchis soient à l'intérieur de l'ouverture 2ϕ).

$$2\phi > \operatorname{tg}^{-1} [(h_1 + h_2)/d] - \operatorname{tg}^{-1} [(h_1 - h_2)/d]$$

où

h_1 est la hauteur de l'antenne de mesure;

h_2 est la hauteur de l'appareil en essai;

d est la distance horizontale entre l'antenne de mesure et l'appareil en essai.

Le diagramme de l'antenne doit être vérifié dans le plan horizontal lorsqu'elle est orientée pour une polarisation verticale. Il doit être admis que le diagramme et, en particulier, l'ouverture 2ϕ , est identique lorsqu'elle est orientée pour une polarisation horizontale et lorsqu'elle est mesurée en polarisation verticale.

Il est essentiel que la variation de la distance effective entre l'antenne et la source soit prise en considération ainsi que la variation du gain en fonction de la fréquence.

- Le rapport d'ondes stationnaires, l'antenne étant connectée à son câble, mesuré à l'entrée de l'appareil de mesure ne doit pas dépasser 2,0.
- Un facteur d'étalonnage doit être indiqué pour permettre de satisfaire aux exigences de 4.1.

4.6 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

La mesure des émissions rayonnées au-dessus de 1 GHz doit être effectuée en utilisant des antennes étalonnées et polarisées linéairement. Celles-ci comprennent les cornets à double stries, les cornets à guide d'onde rectangulaire, les cornets pyramidaux, les cornets à gain optimisé et les cornets à gain standard. Le «faisceau» ou lobe principal du diagramme de

For the purpose of calculating the uncertainty of the result of a radiated emission, if the signal level measured in one polarization exceeds the signal measured in the orthogonal polarization by 6 dB or more, then an LPDA whose cross-polar discrimination is only 14 dB will have been deemed to have met the specification of 20 dB. If the difference between the VP and HP signal levels is less than 6 dB, additional uncertainty must be calculated if the sum of this difference and the cross-polarization is less than 20 dB.

4.5 Frequency range 300 MHz to 1 000 MHz

4.5.1 Electric antenna

If a dipole antenna is used, it shall meet the requirements of 4.4.1.1 and 4.4.2.

4.5.2 Complex antenna

Since, at the frequencies in the range 300 MHz to 1 000 MHz, the sensitivity of the simple dipole antenna is low, a more complex antenna may be used. Such antenna shall be as follows:

- The antenna shall be substantially plane polarized. This shall be checked in the same manner as for the balance of a simple dipole antenna.
- The main lobe of the radiation pattern of the antenna shall be such that the response in the direction of the direct ray and that in the direction of the ray reflected from the ground do not differ by more than 1 dB.

To ensure this condition, the total vertical angular aperture 2ϕ of the measuring antenna, within which the antenna gain is within 1 dB of its maximum, shall be such that:

- if the measuring antenna is maintained in a horizontally direct position:

$$\phi > \tan^{-1} [(h_1 + h_2)/d]$$

- if the measuring antenna is tilted towards earth in the optimum position (so that direct and reflected rays are included within the aperture 2ϕ):

$$2\phi > \tan^{-1} [(h_1 + h_2)/d] - \tan^{-1} [(h_1 - h_2)/d]$$

where

h_1 is the measuring antenna height;

h_2 is the height of the device under test;

d is the horizontal distance between the measuring antenna and the device under test.

The pattern of the antenna shall be checked in the horizontal plane while orienting it for vertical polarization. It shall be assumed that the pattern and, in particular, the angular aperture 2ϕ is the same when horizontally polarized as when measured with the vertical polarization.

It is essential that the variation of the effective distance of the antenna from the source and its gain with frequency be taken into account.

- The voltage standing-wave ratio of the antenna with the antenna feeder connected and measured from the receiver end shall not exceed 2,0 to 1.
- A calibration factor shall be given making it possible to fulfil the requirements of 4.1.

4.6 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

Radiated emissions measurements above 1 GHz shall be made using calibrated, linearly polarized antennas. These include double-ridged guide horns, rectangular wave guide horns, pyramidal horns, optimum gain horns and standard gain horns. The "beam" or main lobe of the pattern of any antenna used shall be large enough to encompass the EUT when located at the

toute antenne utilisée doit être suffisamment large pour englober l'appareil en essai lorsqu'il est placé à la distance de mesure, ou des dispositions doivent être prises pour «balayer» l'appareil en essai afin de déterminer la direction ou la source de ses émissions rayonnées. La largeur du lobe principal est définie comme la largeur du faisceau de l'antenne à 3 dB, et il convient de fournir des informations permettant de déterminer ce paramètre dans la documentation de l'antenne. Les dimensions de l'ouverture de ces antennes cornets doivent être suffisamment faibles pour que la distance de mesure R_m en mètres soit supérieure ou égale à la distance minimale suivante:

$$R_m \geq D^2/2\lambda$$

où

D est la plus grande dimension de l'ouverture de l'antenne, en mètres;

λ est la longueur d'onde en espace libre, en mètres, à la fréquence de mesure.

En cas de litige, des mesures effectuées avec un cornet à gain standard ou une antenne cornet similaire étalonnée de façon précise prévalent.

NOTE Toute antenne étalonnée et polarisée linéairement, par exemple une antenne log-périodique, peut être utilisée pour effectuer ces mesures. Le gain de beaucoup d'antennes autres que des cornets peut ne pas être approprié dans cette gamme de fréquences si les antennes sont utilisées avec des analyseurs de spectre ou des mesureurs de bruit radioélectrique plus anciens. L'opérateur doit s'assurer que la sensibilité globale de la mesure soit inférieure d'au moins 6 dB à la limite applicable, à la distance de mesure utilisée, et que tous les moyens utilisés pour accroître la sensibilité, par exemple un préamplificateur, ne produisent pas de distorsion, de signaux parasites ou d'autres problèmes de saturation. Comme une antenne log-périodique a un faisceau plus large qu'un cornet, des réflexions sur le plan de sol peuvent produire une erreur significative pour les mesures effectuées avec une antenne log-périodique.

4.7 Montages utilisant les antennes particulières

4.7.1 Système d'antennes cadres

Dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz, le pouvoir perturbateur de la composante magnétique du rayonnement produit par un appareil en essai peut être déterminé au moyen d'un système d'antennes cadres particulier, où il est mesuré en tant que courants induits par le champ magnétique dans les antennes cadres constituant le système. Le système permet d'effectuer les mesures à l'intérieur.

Le système se compose de trois grandes antennes circulaires, de 2 m de diamètre, occupant des plans mutuellement perpendiculaires, montés sur un support non métallique. Une description complète de ce système est donnée en annexe C.

L'appareil en essai est installé au centre du système. Ses dimensions maximales doivent être telles que la distance entre cet appareil et l'une des antennes est au moins de 0,20 m. Des instructions pour le cheminement des câbles de signaux sont données à l'article C.3, note 2 et à la figure C.6. Il convient que les câbles cheminent ensemble et sortent du volume de la boucle dans le même octant de la cellule, et à une distance supérieure à 0,4 m de chacune des antennes cadres.

Les trois grandes antennes cadres occupant des plans mutuellement perpendiculaires permettent de mesurer le pouvoir perturbateur du champ rayonné dans toutes les polarisations, avec la précision prescrite, sans qu'il soit nécessaire de faire tourner l'appareil en essai ou de modifier l'orientation des antennes.

Chacune des trois antennes doit être conforme aux prescriptions de validation données à l'article C.5.

NOTE On peut utiliser des antennes circulaires d'un diamètre différent de celui normalisé à 2 m, à condition que ce diamètre D soit inférieur ou égal à 4 m et que la distance entre l'appareil en essai et l'une des antennes soit d'au moins 0,10(D) m. Les facteurs de corrections à appliquer pour les antennes non normalisées sont donnés à l'article C.6.

measuring distance, or provisions shall be made for "scanning" the EUT to locate the direction or source of its radiated emissions. The width of the main lobe is defined as the 3 dB beamwidth of the antenna, and information enabling the determination of this parameter should be given in the antenna documentation. The aperture dimensions of these horn antennas shall be small enough so that the measurement distance R_m in metres is equal to or greater than the following minimum distance:

$$R_m \geq D^2/2\lambda$$

where

D is the largest dimension of the aperture in metres of the antenna;

λ is the free space wavelength in metres at the frequency of measurement.

In case of dispute, measurements made with a standard gain horn antenna or a similar precisely calibrated horn antenna shall take precedence.

NOTE Any calibrated, linearly polarized antenna, e.g. a log periodic dipole array, may be used to make these measurements. The gain of many antennas other than horn antennas in this frequency range may be inadequate if the antennas are used with spectrum analyzers or older radio noise meters. The tester shall assure that the overall measurement sensitivity is at least 6 dB below the applicable limit at the measurement distance in use, and that any means used to improve sensitivity, e.g. a preamplifier, does not cause distortion, spurious signals, or other overload problems. Since a log periodic dipole array has a much wider beamwidth than a horn antenna, reflections from the ground plane may cause significant error in measurements that are made with a log periodic dipole array.

4.7 Special antenna arrangements

4.7.1 Loop antenna system

In the frequency range 9 kHz to 30 MHz the interference capability of the magnetic field component of the radiation of a single (EUT) can be determined by using a special loop antenna system (LAS). In the LAS, this capability is measured in terms of the currents induced by the magnetic field in the loop antennas of the LAS. The LAS allows indoor measurements.

The LAS consists of three circular, mutually perpendicular large-loop antennas (LLAs), having a diameter of 2 m, supported by a non-metallic base. A full description of the LAS is given in annex C.

The EUT is positioned in the centre of the LAS. The maximum dimensions of the EUT are limited so that the distance between the EUT and an LLA is at least 0,20 m. Guidelines for the routing of signal cables are given in clause C.3, note 2 and figure C.6. Cables should be routed together and leave the loop volume in the same octant of the cell and no closer than 0,4 m to any of the LAS loops.

The three mutually perpendicular LLAs allow measurement of the interference capability of all polarizations of the radiated field with the prescribed accuracy, and without rotation of the EUT or changing the orientation of the LLAs.

Each of the three LLAs shall comply with the validation requirements given in clause C.5.

NOTE Circular LLAs having a diameter different from the standardized diameter of 2 m may be used, provided their diameter $D \leq 4$ m and the distance between the EUT and a LA is at least 0,10(D) m. Correction factors for non-standardized diameters are given in clause C.6.

5 Emplacements d'essai pour les mesures du champ perturbateur dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

L'environnement doit assurer des résultats de mesures valides et reproductibles du champ perturbateur produit par l'appareil en essai. Pour les appareils qui ne peuvent être essayés que sur leur lieu d'utilisation, des dispositions différentes doivent être prises.

5.1 Emplacement d'essai en espace libre

Les mesures du champ perturbateur sont normalement effectuées sur un emplacement d'essai en espace libre. Les emplacements d'essai en espace libre sont des zones caractéristiques de terrain plat dégagé. De tels emplacements d'essai doivent être exempts de constructions, de lignes électriques, de barrières, d'arbres, etc. et ne pas comporter de câbles ou canalisations enterrés, etc., sauf ceux nécessaires à l'alimentation et au fonctionnement de l'appareil en essai. L'annexe D donne des recommandations spécifiques de construction des emplacements d'essai en espace libre pour les essais de champ électromagnétique dans la gamme de 30 MHz à 1 GHz. La procédure de validation des emplacements d'essai en espace libre est donnée en 5.6 avec des détails complémentaires dans l'annexe E. L'annexe F contient le critère d'acceptabilité.

5.2 Enceinte de protection contre les intempéries

Une protection contre les intempéries est souhaitable si l'emplacement d'essai est utilisé pendant toute l'année. Une structure de protection contre les intempéries peut soit protéger l'emplacement d'essai complet y compris l'appareil en essai et l'antenne de mesure de champ soit l'appareil en essai uniquement. Les matériaux utilisés doivent être transparents au rayonnement RF, afin de n'entraîner aucune réflexion ou affaiblissement indésirables du champ émis par l'appareil en essai.

La structure doit avoir une forme telle qu'elle permette de retirer facilement la neige, la glace ou l'eau. Pour plus de détails, voir annexe D.

5.3 Zone libre d'obstacles

Pour les emplacements d'essai en espace libre, une zone libre d'obstacles entourant l'appareil en essai et l'antenne de mesure de champ est nécessaire. Il convient que la zone libre d'obstacles soit exempte de diffuseurs importants des champs électromagnétiques, et suffisamment grande pour que les diffuseurs situés à l'extérieur de la zone libre d'obstacles aient peu d'effets sur les champs mesurés par l'antenne de mesure de champ. Pour déterminer la conformité de cette zone, il convient d'effectuer des essais de validation de l'emplacement.

Comme l'importance de la dispersion du champ par un objet dépend de nombreux facteurs (taille de l'objet, distance le séparant de l'appareil en essai, orientation par rapport à l'appareil en essai, conductivité et permittivité de l'objet, fréquence, etc.) il n'est pas possible de définir une zone libre d'obstacles raisonnable nécessaire et suffisante pour toutes les applications. La taille et la forme de la zone libre d'obstacles dépendent de la distance de mesure et de la nécessité ou non de faire tourner l'appareil en essai. Si l'emplacement est équipé d'une table tournante, la zone libre d'obstacles recommandée est une ellipse dont les deux foyers sont l'antenne de réception et l'appareil en essai, et dont le grand axe est égal à deux fois la distance de mesure, et le petit axe égal au produit de la distance de mesure par la racine carrée de 3 (voir figure 2).

Pour cette ellipse, le chemin parcouru par un rayon indésirable réfléchi par tout objet du périmètre est égal à deux fois la longueur du chemin du rayon direct entre les foyers. Si un appareil en essai de grandes dimensions est installé sur la table tournante, la zone libre d'obstacles doit être agrandie de telle manière que les distances de dégagement des obstacles soient respectées sur tout le périmètre de l'appareil en essai.

5 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz

An environment is required which assures valid, repeatable measurement results of disturbance field strength from equipment. For equipment which can only be tested in its place of use, different provisions have to be utilized.

5.1 Open area test site

Disturbance field-strength measurements are normally performed at an open area test site. Open area test sites are areas characteristic of cleared level terrain. Such test sites shall be void of buildings, electric lines, fences, trees, etc. and free from underground cables, pipelines, etc., except as required to supply and operate the equipment under test (EUT). Refer to annex D for specific construction recommendations for open area test sites for electromagnetic field tests in the range of 30 MHz to 1 GHz. The site validation procedure for open area test sites is given in 5.6 with further details in annex E. Annex F contains the acceptability criterion.

5.2 Weather protection enclosure

Weather protection is desirable if the test site is used throughout the year. A weather protection structure could either protect the whole test site including EUT and field strength measuring antenna or the EUT only. The materials used shall be RF transparent in order to cause no undesirable reflections and attenuation of the emitted field from the EUT.

The structure shall be shaped to allow easy removal of snow, ice or water. For further details, see annex D.

5.3 Obstruction-free area

For open area test sites, an obstruction-free area surrounding the EUT and field-strength measuring antenna is required. The obstruction-free area should be free from significant scatterers of electromagnetic fields, and should be large enough so that scatterers outside the obstruction-free area will have little effect on the fields measured by the field-strength measuring antenna. To determine the adequacy of this area, site validation tests should be performed.

Since the magnitude of the field scattered from an object depends on many factors (size of the object, distance from the EUT, orientation with respect to the EUT, conductivity and permittivity of the object, frequency, etc.), it is impractical to specify a reasonable obstruction-free area which is necessary and sufficient for all applications. The size and shape of the obstruction-free area are dependent upon the measurement distance and whether or not the EUT will be rotated. If the site is equipped with a turntable, the recommended obstruction-free area is an ellipse with the receiving antenna and EUT at the two foci and having a major axis equal to twice the measurement distance and a minor axis equal to the product of the measurement distance and the square root of 3 (see figure 2).

For this ellipse, the path of the undesired ray reflected from any object on the perimeter is twice the length of the direct ray path between the foci. If a large EUT is installed on the turntable, the obstruction-free area must be expanded so that the obstruction clearance distances exist from the perimeter of the EUT.

Si l'emplacement n'est pas équipé d'une table tournante, c'est-à-dire si l'appareil en essai est stationnaire, la zone libre d'obstacles recommandée est une zone circulaire telle que la distance radiale du bord de l'appareil en essai au bord de la zone soit égale à la distance de mesure multipliée par 1,5 (voir figure 3). Dans ce cas, on déplace l'antenne autour de l'appareil en essai à la distance de séparation.

Il convient que le terrain compris dans la zone libre d'obstacles soit plat. De faibles pentes, nécessaires à un drainage adéquat, sont acceptables. La planéité du plan de sol métallique si l'on en utilise un, est traitée à l'article D.2. Il convient que les appareils de mesure et le personnel réalisant les essais soient situés à l'extérieur de la zone libre d'obstacles.

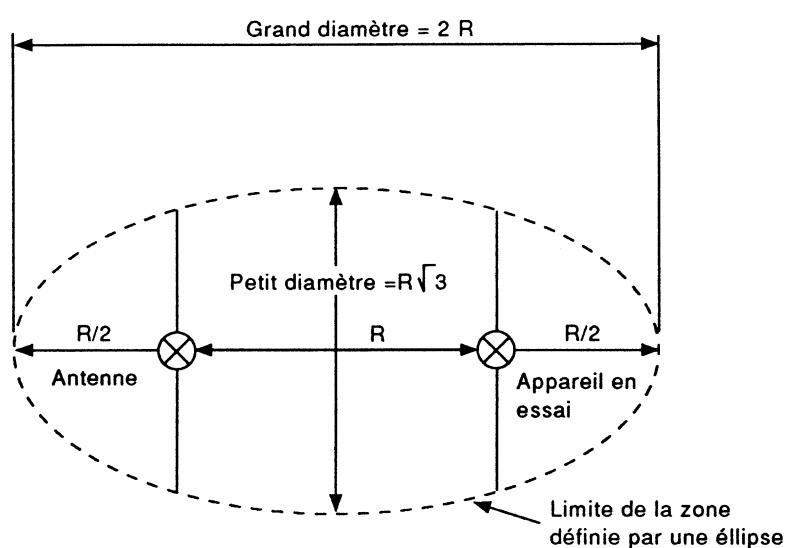
5.4 Environnement radiofréquence ambiant d'un emplacement d'essai

Les niveaux radiofréquence ambients d'un emplacement d'essai doivent être suffisamment bas comparés aux niveaux à mesurer. La qualité de l'emplacement dans ce domaine peut être évaluée par rapport aux quatre catégories énumérées ci-dessous, en ordre de qualité décroissante:

- les émissions ambiantes sont d'au moins 6 dB inférieures aux niveaux de mesure,
- certaines émissions ambiantes sont à moins de 6 dB des niveaux de mesure,
- certaines émissions ambiantes sont au-dessus des niveaux de mesure mais sont soit apériodiques (c'est-à-dire que le temps séparant deux émissions est suffisamment long pour permettre la réalisation d'une mesure) soit continues mais à un nombre limité de fréquences identifiables,
- les niveaux ambiants sont au-dessus des niveaux de mesure sur une grande portion de la gamme de fréquences de mesure et se produisent continuellement.

Il convient que le choix d'un emplacement d'essai garantisse que la précision des mesures est maintenue, en tenant compte de l'environnement et du niveau de compétence technique disponible.

NOTE On recommande un niveau ambiant inférieur de 20 dB au niveau d'émission mesuré, pour obtenir un résultat parfait.



CEI 909/93

Figure 2 – Zone libre d'obstacles d'un emplacement d'essai équipé d'une table tournante (voir 5.3)

If the site is not equipped with a turntable, that is, the EUT is stationary, the recommended obstruction-free area is a circular area such that the radial distance from the boundary of the EUT to the boundary of the area is equal to the measurement distance multiplied by 1,5 (see figure 3). In this case, the antenna is moved around the EUT at the separation distance.

The terrain within the obstruction-free area should be flat. Small slopes needed for adequate drainage are acceptable. The flatness of the metallic ground plane, if used, is discussed in clause D.2. Measuring apparatus and test personnel should be situated outside the obstruction free area.

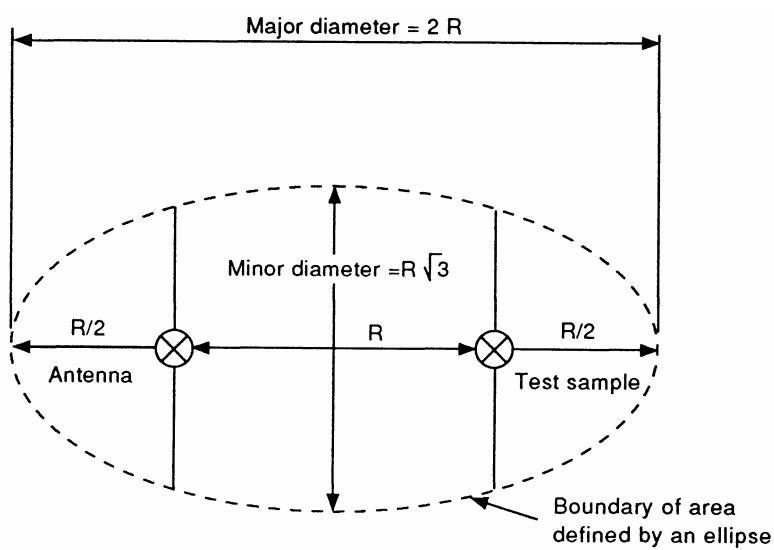
5.4 Ambient radio frequency environment of a test site

The ambient radio frequency levels at a test site shall be sufficiently low compared to the levels of measurements to be performed. The quality of the site in this respect may be assessed in four categories, listed below in their order of merit:

- the ambient emissions are 6 dB or more below the measurement levels,
- some ambient emissions are within 6 dB of the measurement levels,
- some ambient emissions are above the measurement levels, but are either aperiodic (i.e., sufficiently long in time between transmissions to allow a measurement to be made) or continuous, but only on limited identifiable frequencies,
- the ambient levels are above the measurement levels over a large portion of the measurement frequency range and occurring continuously.

The selection of a test site should ensure that the accuracy of the measurement is maintained given the environment and the degree of engineering skill available.

NOTE For perfect results, an ambient level 20 dB below the emission level measured is recommended.



IEC 909/93

Figure 2 – Obstruction-free area of a test site with a turntable (see 5.3)

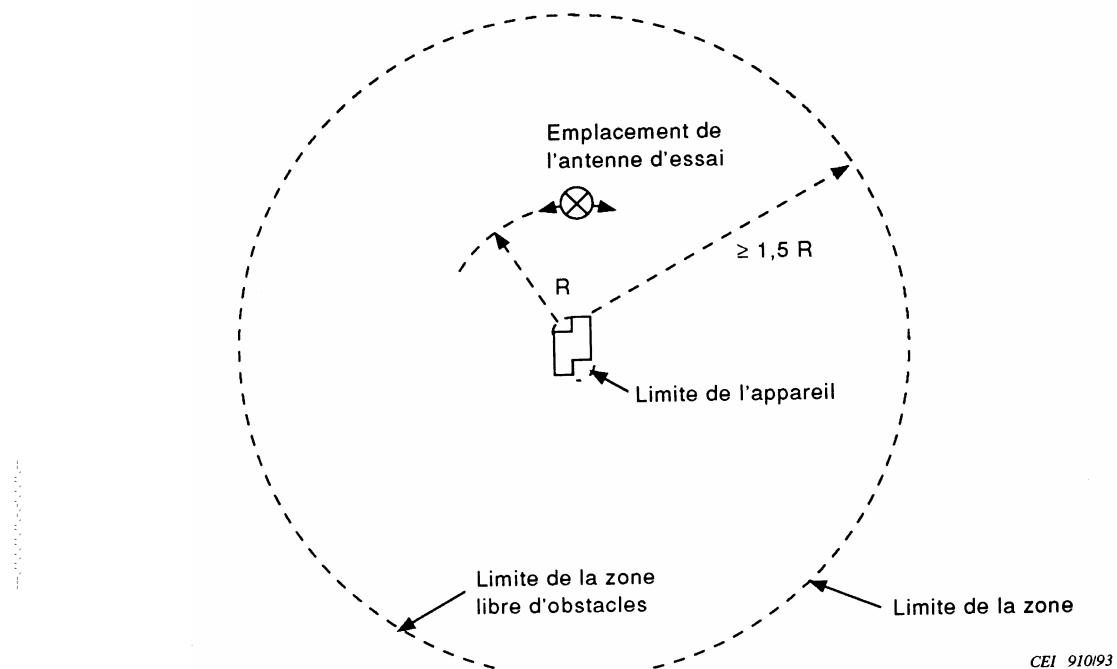


Figure 3 – Zone libre d'obstacles avec appareil en essai fixe (voir 5.3)

5.5 Plan de sol

Le plan de sol peut être composé d'une large gamme de matériaux s'étendant de la terre à un matériau métallique à haute conductivité. Le plan peut être au niveau du sol ou surélevé sur une plate-forme de taille appropriée ou sur un toit. Il est préférable d'utiliser un plan de sol métallique mais pour certains appareils ou applications il peut ne pas être recommandé par certaines publications relatives à des produits. La qualité du plan de sol métallique dépend de la conformité de l'emplacement aux exigences de validation de l'emplacement du 5.6. Si aucun matériau métallique n'est utilisé, il est nécessaire de prendre soin de choisir un emplacement dont les caractéristiques de réflectivité ne changent pas avec le temps, les conditions météorologiques, ou en raison de matériaux métalliques enterrés tels que canalisations, conduits, ou sol non homogène. De tels emplacements donnent généralement des caractéristiques d'affaiblissement différentes de celles trouvées pour des emplacements à surface métallique.

5.6 Procédure de validation des emplacements en espace libre

La procédure de validation et les exigences pour l'affaiblissement normalisé de l'emplacement données ici sont utilisées pour qualifier un emplacement d'essai lorsqu'un plan de sol métallique est spécifié. Pour d'autres emplacements d'essai, la procédure de validation n'a qu'une valeur d'information et, en général, signale également les éventuelles irrégularités de l'emplacement devant être examinées. La procédure de validation ne s'applique pas aux chambres munies de matériaux absorbants. Une telle procédure exige des spécifications plus détaillées et est à l'étude.

La validation d'un emplacement d'essai en espace libre est effectuée avec deux antennes orientées horizontalement et verticalement par rapport au sol, comme illustré aux figures 4 et 5. L'affaiblissement de l'emplacement en espace libre est obtenu à partir du rapport entre la tension de source (V_i) injectée à une antenne d'émission et la tension reçue (V_r) mesurée aux bornes de l'antenne de réception. Les mesures de tension sont effectuées dans un circuit 50Ω . Des corrections destinées à prendre en compte les pertes dans les câbles sont nécessaires si V_r et V_i ne sont pas mesurées à l'entrée et à la sortie des antennes d'émission et de réception. Cet affaiblissement de l'emplacement est alors divisé par le produit des facteurs d'antenne des deux antennes utilisées. Le résultat est l'affaiblissement normalisé de

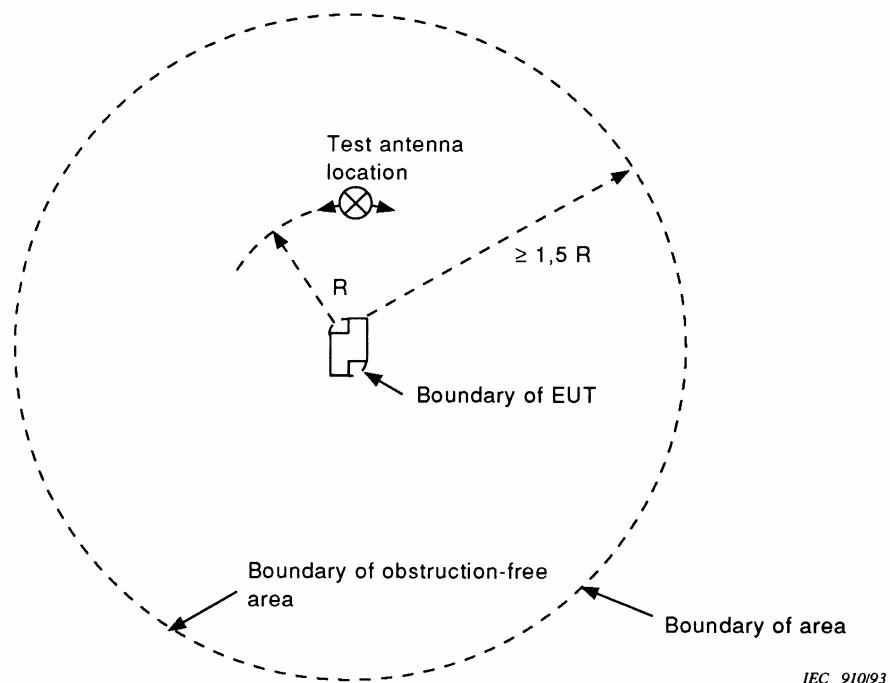


Figure 3 – Obstruction-free area with stationary EUT (see 5.3)

5.5 Ground plane

The ground plane may be composed of a wide range of material from earth to highly conductive, metallic material. The plane can be at earth level or elevated on a suitably sized platform or roof site. A metal ground plane is preferred, but for certain equipment and applications, it may not be recommended by certain product publications. Adequacy of the metal ground plane will be dependent on whether the test site meets the site validation requirements in 5.6. If no metallic material is used, caution is required to select a site that does not change its reflective characteristics with time, weather condition, or, due to buried metallic material such as pipes, conduits, and non-homogeneous soil. Such sites generally give different site attenuation characteristics compared to those with metallic surfaces.

5.6 Open area site validation procedure

The validation procedure and the requirements for the normalized site attenuation given here are used to qualify a test site when a metallic ground plane is specified. For other test sites, the validation procedure is of an informative nature, and will in general also identify possible site irregularities that should be investigated. The validation procedure is not applicable to absorber lined rooms. Such a procedure requires more detailed specifications and is under consideration.

The validation of an open area test site is performed with two antennas oriented horizontally and vertically with respect to the ground, as shown in figures 4 and 5, respectively. The open area site attenuation is obtained from the ratio of the source voltage (V_i) connected to a transmitting antenna and the received voltage (V_r) as measured on the receiving antenna terminals. The voltage measurements are performed in a 50Ω system. Suitable corrections for cable losses is required if V_r and V_i are not measured at the input and output of the transmit and receive antenna, respectively. This site attenuation ratio is then divided by the product of the antenna factors for the two antennas used. The resulting answer is the normalized site attenuation (NSA) and is expressed in dB. *The site is considered suitable when the measured*

l'emplacement (ANE). Il est exprimé en dB. *L'emplacement est considéré satisfaisant lorsque les ANE vertical et horizontal sont à moins de 4 dB des valeurs données aux tableaux E.1, E.2 et E.3, selon le cas.* Si le critère de ± 4 dB est dépassé, l'emplacement d'essai doit être vérifié en utilisant l'article E.4.

NOTE L'annexe F donne les fondements du critère d'acceptabilité de l'emplacement à 4 dB.

L'écart entre une valeur d'ANE mesurée et la valeur théorique ne doit pas être utilisé comme correction du champ mesuré pour un appareil en essai. On doit utiliser cette procédure uniquement pour valider un emplacement d'essai.

Le tableau E.1 est utilisé pour les antennes à large bande, telles que les antennes biconiques et log périodiques alignées à la fois horizontalement et verticalement par rapport au plan de sol. Le tableau E.2 est utilisé pour les doublets demi-onde accordés alignés horizontalement par rapport au plan de sol. Le tableau E.3 est utilisé pour les doublets demi-onde accordés alignés verticalement par rapport au plan de sol. On note, dans le tableau E.3, la présence de restrictions de hauteur de balayage h_2 . Cela prend en compte le fait que l'extrémité inférieure du doublet de réception est maintenue au minimum à 25 cm du plan de sol.

NOTE Les différences entre les tableaux E.1 et E.2/E.3 sont motivées par le choix de paramètres géométriques différents pour les antennes à large bande et les doublets demi-onde accordés, principalement en raison des restrictions pratiques imposées par ces derniers.

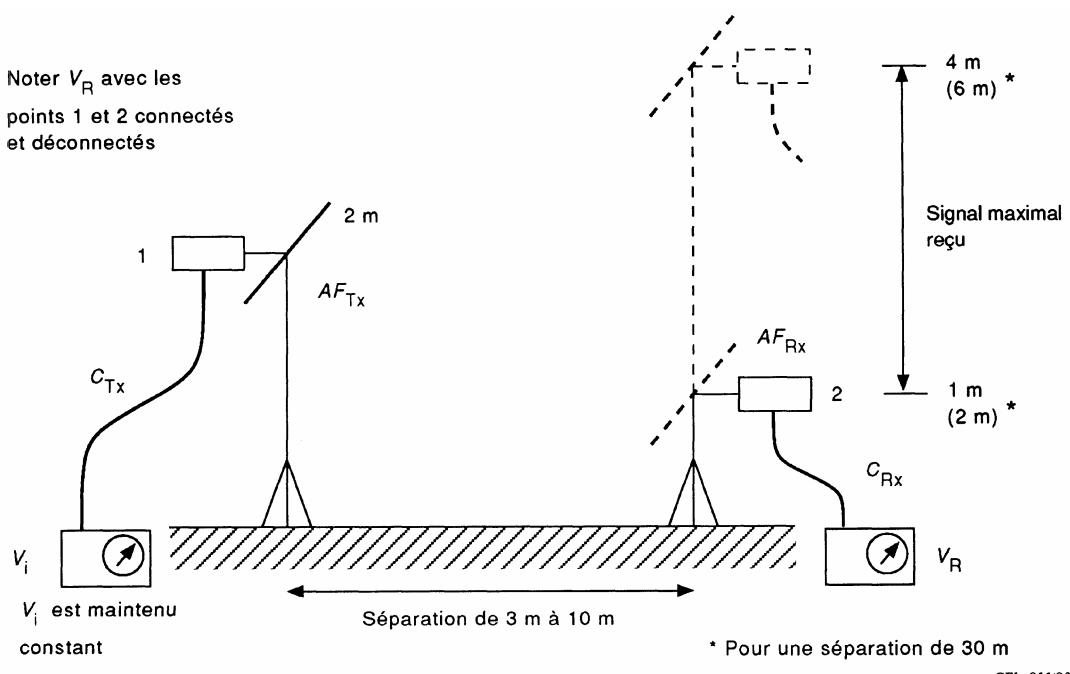


Figure 4 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation horizontale de l'affaiblissement de l'emplacement. (voir 5.6 et annexe E)

vertical and horizontal NSA's are within ± 4 dB of the values given in tables E.1, E.2, and E.3, as appropriate. If the ± 4 dB criterion is exceeded, the test site must be investigated per clause E.4.

NOTE The basis for the 4 dB site acceptability criterion is given in annex F.

The deviation between a measured NSA value and the theoretical value shall not be used as a correction for a measured EUT field strength. This procedure shall be used only for validating a test site.

Table E.1 is used for broadband antennas such as biconical and log periodic arrays both horizontally and vertically aligned with respect to the ground plane. Table E.2 is for tuned half-wave dipoles aligned horizontally with respect to the ground plane. Table E.3 is for tuned half-wave dipoles vertically aligned with respect to the ground plane. Note that in table E.3, there are restrictions in the scan height h_2 . This takes into account the fact that the lowest tip of the receive dipole is kept 25 cm or more from the ground plane.

NOTE The reason for the different tables E.1 and E.2/E.3 is that different geometrical parameters are chosen for a broadband antenna and a tuned half-wave dipole, primarily because of practical restrictions needed for the latter.

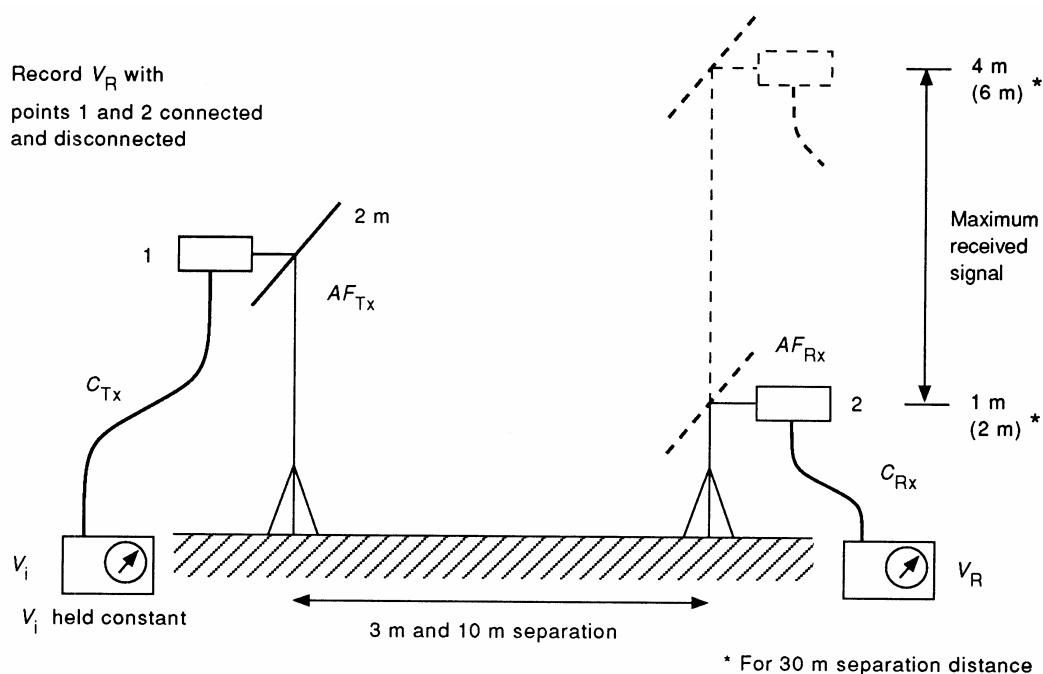


Figure 4 – Configuration of equipment for measuring horizontal polarization of site attenuation (see 5.6 and annex E)

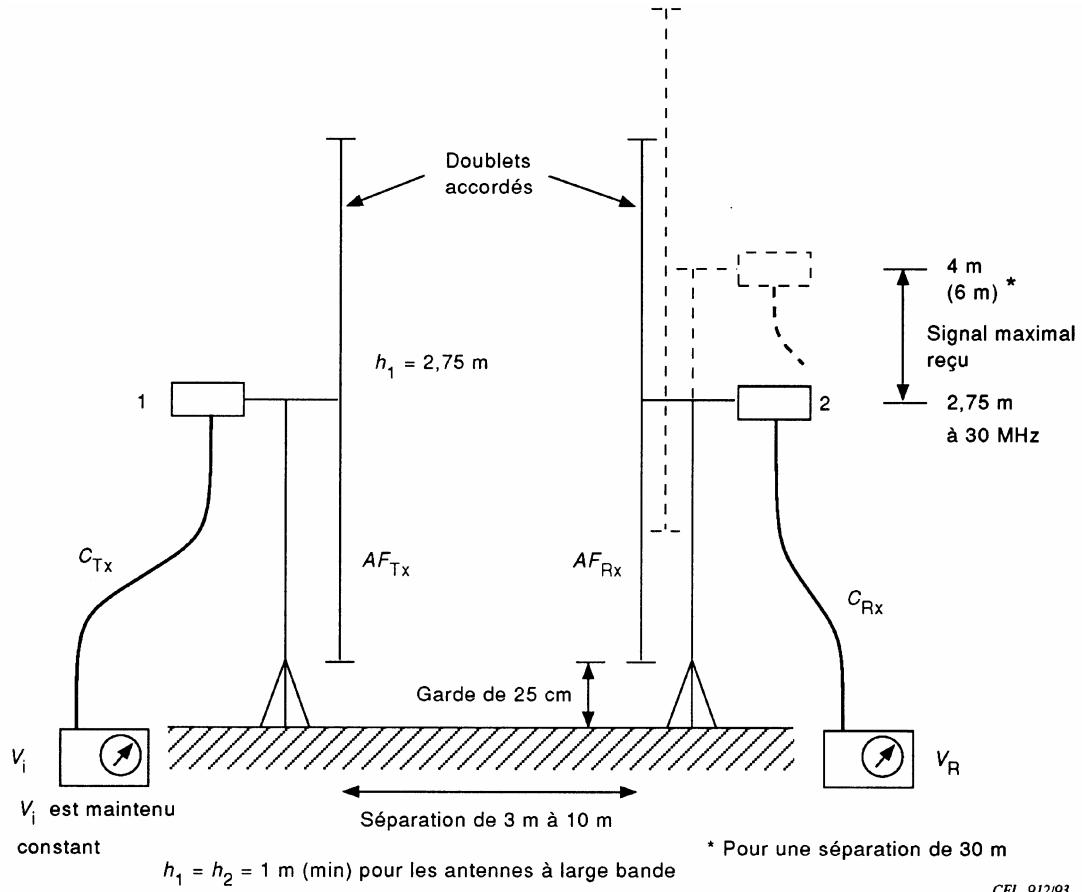


Figure 5 – Configuration des équipements pour la mesure en polarisation verticale de l'affaiblissement de l'emplacement avec des dipôles (voir 5.6 et annexe E)

Les ANE pour les fréquences autres que celles indiquées dans les tableaux peuvent être trouvés par interpolation linéaire des valeurs tabulées.

La légende de chaque tableau est la suivante:

R Distance (en mètres) de séparation horizontale entre les points de projection des antennes d'émission et de réception sur le plan de sol.

h_1 Hauteur (en mètres) du centre de l'antenne d'émission au-dessus du plan de sol.

h_2 Plage de hauteurs (en mètres) du centre de l'antenne de réception au-dessus du plan de sol. Le signal maximal reçu dans cette plage de balayage en hauteur est utilisé pour les mesures d'ANE.

f_m Fréquence en MHz.

A_N ANE (voir équation 1, ci-dessous).

NOTE L'espacement R entre des antennes log-périodique en réseau est mesuré à partir de la projection sur le plan de sol du point milieu de l'axe longitudinal de chaque antenne.

On recommande de commencer par les mesures horizontales d'ANE. Ces mesures étant moins sensibles aux anomalies d'essai que les mesures en polarisation verticale, l'ANE mesuré doit impérativement être à moins de ± 4 dB des valeurs données aux tableaux E.1, E.2 et E.3. Sinon, reconstruire la technique de mesure, la dérive des instruments et l'étalonnage des facteurs d'antenne. Si le critère de ± 4 dB est toujours dépassé, on est en présence d'une anomalie importante de l'emplacement qui devrait être clairement apparente, et une action corrective doit être entreprise avant d'effectuer la mesure d'ANE en polarisation verticale.

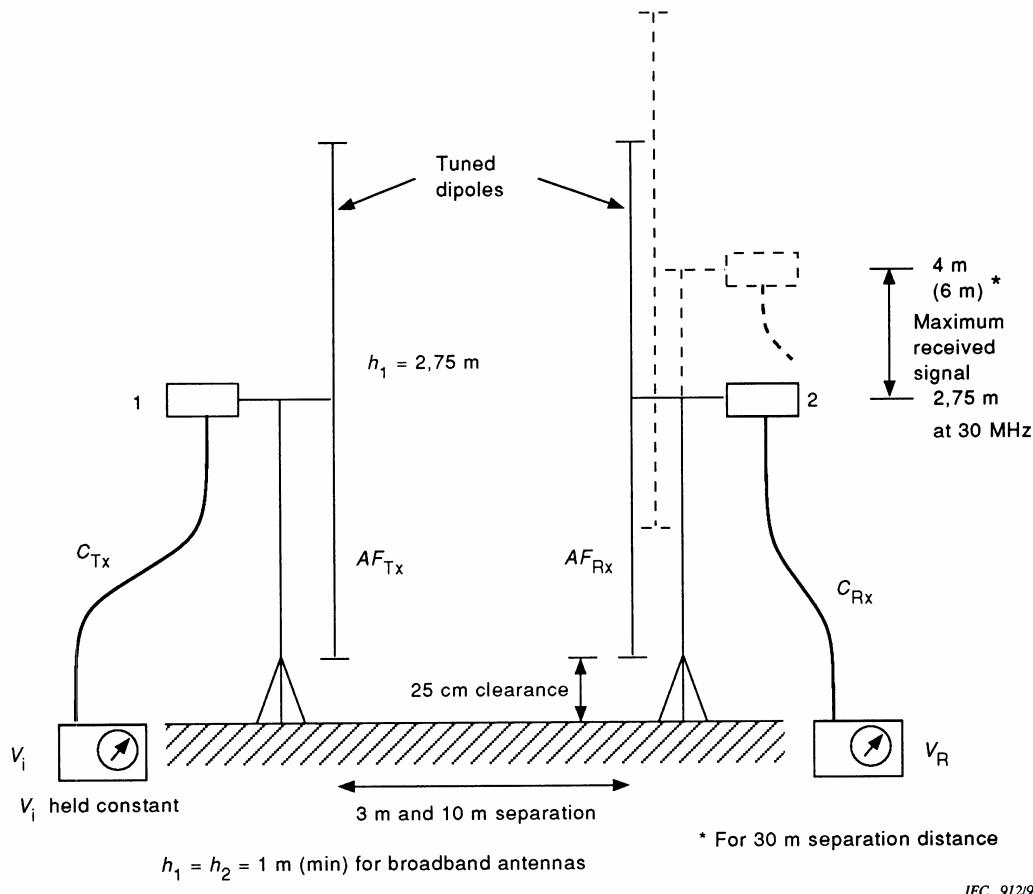


Figure 5 – Configuration of equipment for measuring site attenuation for vertically polarized using tuned dipoles (see 5.6 and annex E)

NSA for frequencies other than those shown in the tables may be found using straight-line interpolation between the tabulated values.

The legend for each table is as follows:

R Horizontal separation distance between the projection of the transmit and receive antennas on the ground plane (metres).

h_1 Height of the centre of the transmit antenna above the ground plane (metres).

h_2 Range of heights of the centre of the receive antenna above the ground plane (metres). The maximum received signal in this height scan range is used for NSA measurements.

f_m Frequency in MHz.

A_N NSA (see equation 1, below).

NOTE The spacing R between log-periodic array antennas is measured from the projection on to the ground plane of the mid-point of the longitudinal axis of each antenna.

It is recommended that horizontal NSA measurements be performed first. Since such measurements are less sensitive than that for vertical polarization in finding test anomalies, the measured NSA should readily be within ± 4 dB of that shown in tables E.1, E.2 and E.3. If not, recheck measurement technique, instrumentation drift and antenna factor calibrations. If the ± 4 dB criterion is still exceeded, a significant site anomaly is present which should be readily apparent and corrective action taken before proceeding to the vertical polarization NSA measurement.

5.6.1 Mesure d'ANE générale

Pour les mesures de chaque polarisation, la procédure d'ANE nécessite deux mesures différentes de la tension reçue V_R . La première valeur de V_R est mesurée avec les deux câbles coaxiaux déconnectés des deux antennes et connectés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un adaptateur. La deuxième valeur de V_R est mesurée avec les deux câbles coaxiaux reconnectés à leur antenne respective et le signal maximal mesuré lorsque l'antenne de réception est balayée en hauteur (de 1 m à 4 m pour 3 m et 10 m de distance de séparation, et soit de 1 m à 4 m soit 2 m à 6 m pour une séparation de 30 m). Pour ces deux mesures, la tension de la source de signal V_i est maintenue constante. La première valeur de V_R est appelée V_{DIRECT} et la seconde $V_{EMPLACEMENT}$. Ces valeurs sont utilisées dans l'équation suivante (1) pour l'ANE mesuré A_N ; tous les termes sont en dB.

$$A_N = V_{DIRECT} - V_{EMPLACEMENT} - AF_E - AF_R - \Delta AF_{TOT} \quad (1)$$

où

AF_E est le facteur d'antenne d'émission;

AF_R est le facteur d'antenne réception;

ΔAF_T est le facteur de correction d'impédance mutuelle.

Il convient de noter que les deux premiers termes représentent la mesure réelle de l'affaiblissement de l'emplacement, c'est-à-dire que $V_{DIRECT} - V_{EMPLACEMENT}$ est égal à la vue classique de l'affaiblissement de l'emplacement qui est formé par la perte d'insertion du trajet de propagation, y compris les propriétés des deux antennes utilisées. Des valeurs théoriques pour ΔAF_{TOT} sont données au tableau E.4. AF_E et AF_R doivent être mesurées.

Noter que: $V_{DIRECT} = V_i - C_E - C_R$

où

C_E et C_R sont les pertes des câbles qui n'ont pas besoin d'être mesurées séparément. Le facteur de correction d'impédance mutuelle du tableau E.4 ne s'applique qu'à la géométrie recommandée pour l'emplacement: une séparation de 3 m, en polarisation horizontale avec doublets demi-onde accordés.

Pour effectuer ces mesures d'ANE, on peut utiliser deux techniques, suivant les instruments disponibles et suivant qu'on utilise une antenne à large bande ou un doublet accordé. Les deux méthodes donnent des résultats globalement égaux si elles sont utilisées correctement, comme indiqué à l'annexe G. Une brève description de chaque méthode est donnée ci-dessous:

a) Méthode de la fréquence discrète

Pour cette méthode, les fréquences spécifiques données aux tableaux E.1, E.2 ou E.3 sont mesurées successivement. A chaque fréquence, l'antenne de réception est balayée sur la plage de hauteur donnée dans le tableau approprié, pour obtenir un signal reçu maximal. Ces valeurs de paramètres mesurées sont intégrées dans l'équation (1) pour obtenir l'ANE mesuré. L'annexe E suggère une procédure utilisant une approche pour l'enregistrement des données, le calcul de l'ANE mesuré, et sa comparaison avec l'ANE théorique.

b) Méthode de la fréquence balayée

Pour cette méthode, des mesures utilisant des antennes à large bande peuvent être effectuées à l'aide d'appareils de mesure automatiques dotés d'une capacité de maintien de crête, (maintien de la valeur maximale), d'une capacité de mémorisation et d'un générateur de poursuite. Dans cette méthode, on déplace l'antenne en hauteur et on balaye en fréquence sur toutes les plages requises. La vitesse de balayage en fréquence doit être beaucoup plus élevée que la vitesse de déplacement en hauteur de l'antenne. Pour le reste, la procédure est la même qu'en a). Une procédure détaillée est donnée à l'annexe E.

5.6.1 General NSA measurement

For each polarization measurement, the NSA procedure requires two different measurements of V_R which is the voltage received. The first reading of V_R is with the two coaxial cables disconnected from the two antennas and connected to each other via an adapter. The second reading of V_R is taken with the coaxial cables reconnected to their respective antennas and the maximum signal measured when the receive antenna is scanned in height. (1-4 m for 3 m and 10 m separation distances and either 1-4 m or 2-6 m for the 30 m separation.) For both of these measurements, the signal source voltage, V_i , is kept constant. The first reading of V_R is called V_{DIRECT} and the second is V_{SITE} . These are used in the following equation (1) for the measured NSA, A_N ; all terms are in dB.

$$A_N = V_{DIRECT} - V_{SITE} - AF_T - AF_R - \Delta AF_{TOT} \quad (1)$$

where

AF_T is the transmit antenna factor;

AF_R is the receive antenna factor;

ΔAF_{TOT} is the mutual impedance correction factor.

Note that the first two terms represent the actual measurement of site attenuation, i.e., $V_{DIRECT} - V_{SITE}$ is equal to the classical view of site attenuation, which is constituted by the insertion loss of the propagation path with the inclusion of the properties of the two antennas used. Theoretical values for ΔAF_{TOT} are given in table E.4. AF_T and AF_R shall be measured.

Note that: $V_{DIRECT} = V_i - C_T - C_R$

where

C_T and C_R are the cable losses which do not need to be measured separately. The mutual impedance correction factor in table E.4 applies only to the recommended site geometry of 3 m separation, horizontal polarization and the use of half-wavelength tuned dipoles.

To accomplish these NSA measurements, two techniques can be used, depending on the instrumentation available and whether a broadband or tuned dipole is used. Both methods give essentially equal results if used correctly as outlined in annex E. Briefly, each method is described as follows:

a) Discrete frequency method

For this method, specific frequencies given in tables E.1, E.2 or E.3 are measured in turn. At each frequency the receive antenna is scanned over the height range given in the appropriate table to maximize the received signal. These measured parameter values are inserted in equation (1) to obtain the measured NSA. Annex E contains a suggested procedure approach to record the data, calculate the measured NSA, and then compare it with the theoretical NSA.

b) Swept frequency method

For this method, measurements using broadband antennas may be made using automatic measuring equipment having a peak hold (maximum hold), storage capability, and a tracking generator. In this method both antenna height and frequency are scanned or swept over the required ranges. The frequency sweep speed shall be much greater than the antenna height scan rate. Otherwise the procedure is the same as in a). A detailed procedure is given in annex E.

5.6.2 Détermination des facteurs d'antenne

Des facteurs d'antenne précis sont nécessaires pour la mesure de l'ANE. En général, les facteurs d'antenne fournis avec l'antenne sont inappropriés, à moins d'être mesurés spécifiquement ou individuellement. Des antennes à polarisation linéaire sont nécessaires. Une méthode utile d'étalonnage des antennes est donnée dans l'annexe E. Les facteurs d'antenne donnés par le fabricant peuvent prendre en compte des pertes dues au symétriseur, entre autres caractéristiques. Si un symétriseur séparé ou des câbles associés solidaires sont utilisés, leurs effets doivent être pris en compte. La formule à utiliser pour les doublets demi-onde accordés est également donnée à l'annexe E.

5.6.3 Ecarts d'affaiblissement de l'emplacement

Si les mesures d'ANE s'écartent de plus 4 dB, il convient de reconstrôler d'abord plusieurs points:

- a) procédure de mesure;
- b) précision des facteurs d'antenne;
- c) dérive de la source de signal ou précision de l'atténuateur d'entrée du récepteur ou de l'analyseur de spectre et de la lecture.

Si aucune erreur n'est trouvée en a), b) ou c), c'est l'emplacement qui est en cause et il convient d'effectuer une recherche détaillée des causes possibles de variabilité de l'emplacement. L'annexe F donne les erreurs pouvant se produire au cours des mesures d'ANE.

Il faut noter que la polarisation verticale étant en général la mesure la plus critique, il convient de rechercher les anomalies de l'emplacement en utilisant cette mesure plus sensible, plutôt que les résultats en polarisation horizontale. Les points clés à examiner comprennent:

- a) la dimension du plan de sol et la non-conformité de sa construction;
- b) les objets situés à la périphérie de l'emplacement et susceptibles de provoquer une dispersion indésirable;
- c) la couverture de protection contre les intempéries;
- d) la discontinuité du plan de sol au niveau de la circonference de la table tournante lorsque la surface de la table tournante est conductrice et au même niveau que le plan de sol;
- e) les couvertures de plan de sol en diélectrique épais;
- f) les ouvertures dans le plan de sol pour cages d'escaliers.

5.7 Aptitude des emplacements d'essai avec plan de sol

Il existe beaucoup d'emplacements d'essai et de moyens d'essai construits pour mesurer les émissions rayonnées. La plupart sont protégés contre les intempéries et contre les perturbations provoquées par le bruit radioélectrique ambiant. Les emplacements d'essai en espace libre, couverts et protégés contre les intempéries et les cages de Faraday tapissées de matériaux absorbants, font partie de ces emplacements d'essai.

Chaque fois qu'un matériau absorbant entoure l'emplacement d'essai, il est possible que le résultat d'une mesure unique d'atténuation normalisée de l'emplacement (ANE), comme spécifiée en 5.6, ne suffise pas à démontrer l'aptitude de l'emplacement d'essai.

On recommande la procédure suivante pour démontrer l'aptitude de tel emplacement d'essai. Elle est basée sur de multiples mesures d'ANE effectuées dans tout le volume occupé par l'appareil en essai. Ces mesures d'ANE doivent toutes être comprises dans le bilan d'erreur de ± 4 dB pour que l'emplacement soit jugé apte et équivalent à un emplacement d'essai en espace libre.

5.6.2 Antenna factor determination

Accurate antenna factors are necessary in measuring NSA. In general, antenna factors provided with the antenna are inadequate unless they are specifically or individually measured. Linearly polarized antennas are required. A useful antenna calibration method is contained in annex E. Manufacturer's antenna factors may account for losses due to the balun among other features. If a separate balun or any integrally associated cables are used, their effects must be accounted for. The formula to use for tuned half-wave dipoles is also contained in annex E.

5.6.3 Site attenuation deviations

If measurements of NSA deviate by more than ± 4 dB, several items should be re-checked first:

- a) measurement procedure;
- b) accuracy of antenna factors;
- c) drift in signal source or accuracy of receiver or spectrum analyzer input attenuator and reading.

If no errors are found in a), b) and c), then the site is at fault and detailed investigation of possible causes of site variability should be made. Annex F contains the errors that can occur with NSA measurements.

Note that since the vertical polarization is generally the more critical measurement, site anomalies should be investigated using this more sensitive measurement rather than the horizontal polarization results. Key items to investigate include:

- a) ground plane size and construction inadequacy;
- b) objects at the perimeter of the site that may be causing undesired scattering;
- c) all-weather cover;
- d) ground plane discontinuity at the turntable circumference when the turntable surface is conductive and at the same elevation as the ground plane;
- e) thick dielectric ground plane covers;
- f) openings in ground plane for stairways.

5.7 Test site suitability with ground-plane

There are many different test sites and facilities that have been constructed to make radiated emission measurements. Most are protected from the weather and the adverse effects of the radio frequency ambient. These include all weather-covered open area test sites and absorber-lined shielded rooms.

Whenever construction material encloses a test site, there is the possibility that the results of a single normalized site attenuation (NSA) measurement, as specified in 5.6, are not adequate to show such alternative site suitability.

To assess alternative test site suitability, the following procedure is recommended. It is based on making multiple NSA measurements throughout a volume occupied by the EUT. These NSA measurements shall all come within the error budget of ± 4 dB to be judged suitable as an equivalent to an open area test site.

Les dispositions de ce paragraphe concernent les autres emplacements d'essai qui sont munis d'un plan de sol conducteur.

5.7.1 Atténuation normalisée pour les autres emplacements d'essai

Pour un autre emplacement d'essai, une mesure unique d'ANE est insuffisante pour mettre en évidence les réflexions dues aux matériaux de construction et/ou aux matériaux absorbants RF constituant les murs et le plafond de l'emplacement. Pour ces emplacements un «volume d'essai» est défini comme le volume tracé par le plus gros appareil ou système à mesurer, lorsqu'il tourne de 360° autour de sa position centrale, par exemple sur une table tournante. Pour l'évaluation de tels emplacements, il peut être nécessaire d'effectuer au maximum 20 mesures d'atténuation de l'emplacement comme indiqué aux figures 6a et 6b. Ces 20 mesures se déduisent de: cinq positions dans le plan horizontal (centre, droite, gauche, devant, derrière, par rapport au centre et à une ligne tracée du centre à la position de l'antenne de mesure), pour les deux polarisations (horizontale et verticale) et pour deux hauteurs (1 m et 2 m en polarisation horizontale et 1 m et 1,5 m en polarisation verticale).

Ces mesures sont effectuées avec une antenne à large bande et les distances sont mesurées par rapport au centre de l'antenne. Les antennes d'émission et de réception doivent être alignées, leurs éléments respectifs doivent être parallèles les uns aux autres et doivent être perpendiculaires à l'axe de mesure.

Pour les mesures en polarisation verticale, les positions décentrées des antennes d'émission sont placées à la périphérie du volume d'essai. De plus, le point le plus bas de l'antenne doit se situer à plus de 25 cm du sol, ce qui peut nécessiter de placer le centre de l'antenne à une hauteur légèrement supérieure à 1 m lors de la mesure à la plus faible hauteur.

Pour les mesures en polarisation horizontale dans les positions droite et gauche, si la distance entre les matériaux de construction et/ou les matériaux absorbants constituant les murs latéraux, et la périphérie de l'appareil en essai est inférieure à 1 m, le centre de l'antenne est déplacé vers le centre du volume de sorte que le point extrême de l'antenne soit situé à la périphérie ou à une distance de la périphérie ne dépassant pas 10 % du diamètre du volume d'essai. Pour les positions avant et arrière, les antennes sont placées à la périphérie du volume d'essai.

On peut réduire le nombre de mesures nécessaires dans les conditions données ci-dessous:

- a) On peut ne pas effectuer les mesures en polarisation verticale et horizontale pour la position arrière si le point le plus proche des matériaux de construction ou des matériaux absorbants est situé à une distance supérieure à 1 m de la limite arrière du volume d'essai.

NOTE Il a été montré que les sources situées au voisinage d'interfaces diélectriques présentaient des variations de distribution de courant qui peuvent affecter les caractéristiques de rayonnement de la source en ces endroits. Lorsque l'appareil en essai peut être situé près de ces interfaces, des mesures supplémentaires d'atténuation de l'emplacement sont nécessaires.

- b) Le nombre total de mesures en polarisation horizontale le long du diamètre du volume d'essai, entre les positions droite et gauche peut être réduit au nombre minimal nécessaire pour que les surfaces projetées par l'antenne couvrent, au total, 90 % du diamètre.
- c) On peut ne pas effectuer les mesures à 1,5 m de hauteur en polarisation verticale si le point le plus haut de l'appareil en essai, y compris la table de montage, est situé à moins de 1,5 m de haut.
- d) Si le volume d'essai est inférieur ou égal à 1 m en profondeur par 1,5 m en largeur et 1,5 m en hauteur, y compris une table éventuellement, les mesures en polarisation horizontale sont effectuées uniquement pour les positions centre, avant, arrière, mais aux deux hauteurs 1 m et 2 m. Si le point a) ci-dessus s'applique, la position arrière peut être omise. Ceci entraîne un minimum de huit mesures: quatre positions en polarisation verticale (gauche, centre, droit et avant) pour une hauteur et quatre positions en polarisation horizontale (centre et avant) pour deux hauteurs; voir figures 6c et 6d.

The discussion in this section concerns alternative test sites which have a conducting ground plane.

5.7.1 Normalized site attenuation for alternative test sites

For an alternative test site a single NSA measurement is insufficient to pick up possible reflections from the construction and/or RF-absorbing material comprising the walls and ceiling of the facility. For these sites a "test volume" is defined as that volume traced out by the largest equipment or system to be tested as it is rotated about its centre location through 360°, such as by a turntable. In evaluating horizontal and vertical polarization, such as illustrated in figures 6a and 6b, it may require a maximum of 20 separate site attenuation measurements, i.e. five positions in the horizontal plane (centre, left, right, front, and rear, measured with respect to the centre and a line drawn from the centre to the position of the measuring antenna), for two polarizations (horizontal and vertical), and for two heights (1 m and 2 m horizontal, 1 m and 1,5 m vertical).

These measurements are carried out with a broadband antenna and distances are measured with respect to the centre of the antenna. The transmit and receive antennas shall be aligned with the antenna elements parallel to each other and orthogonal to the measurement axis.

For vertical polarization, the off-centre positions of the transmit antenna are at the periphery of the test volume. Furthermore, the lower tip of the antenna shall be greater than 25 cm from the floor, which may require the centre of the antenna to be slightly higher than 1 m for the lowest height measurement.

For horizontal polarization measurements in the left and right positions if the distance between the construction and/or absorbing material on the side walls and EUT periphery is less than 1 m, the centre of the antenna is moved towards to central position so that the extreme tip of the antenna is either at the periphery or distant from the periphery by not more than 10 % of the test volume diameter. The front and rear positions are at the periphery of the test volume.

The number of required measurements can be reduced under the following circumstances:

- a) The vertical and horizontal polarization measurements in the rear position may be omitted if the closest point of the construction and/or absorbing material is at a distance greater than 1 m from the rear boundary of the test volume.
NOTE Radiated emission sources located near dielectric interfaces have been shown to have variations in current distribution that can affect the radiated properties of the source at that location. When EUT can be located near these interfaces, additional site attenuation measurements are required.
- b) The total number of horizontal polarization measurements along the test volume diameter joining the left and right positions may be reduced to the minimum number necessary for the antenna footprints to cover 90 % of the diameter.
- c) The vertical polarization measurements at the 1,5 m height may be omitted if the top of the EUT, including any table mounting, is less than 1,5 m in height.
- d) If the test volume is no larger than 1 m in depth, by 1,5 m in width, by 1,5 m in height, including table if used, horizontal polarization measurements need only be made at the centre, front and rear positions but at the height of both 1 m and 2 m. If item a) above applies, the rear position may be omitted. This will require a minimum of eight measurements: four positions vertical polarization (left, centre, right, and front) for one height, and four positions horizontal polarization (centre and front) for two heights; see figures 6c and 6d.

Les mesures d'ANE doivent être effectuées avec les antennes d'émission et de réception séparées par une distance constante, conformément aux tableaux 1 et 2. Noter que ces tableaux ont été modifiés pour s'adapter à ces mesures d'ANE, en ajoutant des valeurs pour une nouvelle hauteur de l'antenne d'émission et en limitant le balayage en hauteur entre 1 m et 4 m pour une distance R de 30 m. L'antenne de réception doit être déplacée pour maintenir une distance appropriée le long de la ligne passant par le centre de la table tournante (voir figures 6a, 6b, 6c et 6d). On considère que l'emplacement d'essai est apte aux mesures de rayonnement si toutes les mesures d'ANE prescrites ci-dessus remplissent les exigences du 5.7.2 et si le plan de sol remplit les exigences du 5.7.3 ci-dessous.

NOTE Des études sont en cours pour déterminer si des essais supplémentaires sont nécessaires pour vérifier l'aptitude des emplacements d'essai.

5.7.2 Atténuation de l'emplacement

Un emplacement d'essai doit être considéré comme acceptable pour les mesures de rayonnement électromagnétique si les valeurs d'ANE mesurées sont à ± 4 dB égales à la valeur théorique d'ANE pour un emplacement idéal.

5.7.3 Plan de sol conducteur

Les emplacements d'essai pour les mesures de rayonnement doivent être munis d'un plan de sol conducteur. Le plan de sol doit dépasser d'au moins 1 m la périphérie de l'appareil en essai et l'antenne de mesure la plus grande. Il doit couvrir toute la zone située entre l'appareil en essai et l'antenne. Le plan de sol doit être en métal sans trou ni espace de dimensions longitudinales supérieures à un dixième de la longueur d'onde à la fréquence de mesure la plus élevée. Il peut être nécessaire d'utiliser un plan de sol de dimensions supérieures si les mesures d'ANE ne remplissent pas le critère de ± 4 dB.

NOTE Des études sont en cours pour savoir s'il est nécessaire de spécifier une dimension minimale du plan de sol.

NSA measurements shall be performed with the transmit and receive antenna separation held constant according to tables 1 and 2. Note that these tables have been modified to accommodate these NSA measurements by adding values for an additional transmit height and to limit the 30 m scan height to between 1 m and 4 m. The receive antenna must be moved to maintain the appropriate separation along a line towards the turntable centre (see figures 6a, 6b, 6c and 6d). The alternative test site is considered suitable for performing radiated emission testing if all NSA measurements prescribed above meet the requirements of 5.7.2 and the ground plane requirements of 5.7.3 below.

NOTE Studies are underway to determine if any further tests are required to show alternate test site suitability.

5.7.2 Site attenuation

A measurement site shall be considered acceptable for radiated electromagnetic field measurements if the measured horizontal and vertical NSA measurements are within ± 4 dB of the theoretical normalized site attenuation for an ideal site.

5.7.3 Conducting ground plane

A conducting ground plane is required at a radiated emission test site. The conducting ground plane shall extend at least 1 m beyond the periphery of the EUT and the largest measurement antenna, and cover the entire area between the EUT and the antenna. It shall be of metal with no holes or gaps having longitudinal dimensions larger than one-tenth of a wavelength at the highest frequency of measurement. A larger size conducting ground plane may be required if the NSA measurements do not meet the ± 4 dB criterion.

NOTE Ongoing studies may indicate the need for specifying minimum conductive ground plane size.

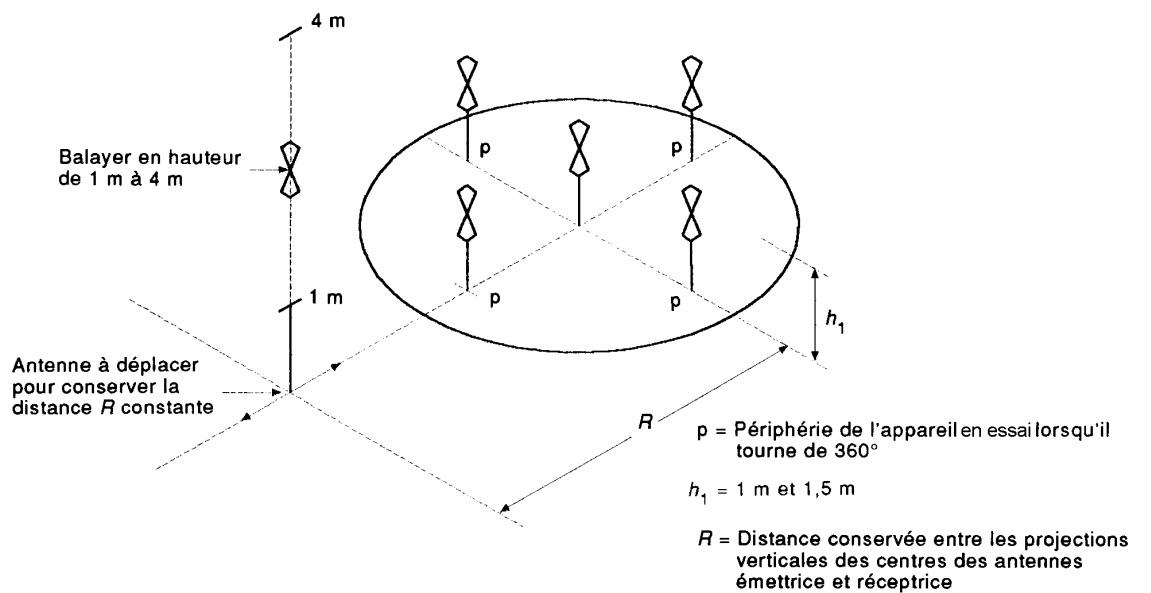


Figure 6a – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesures d'ANE en polarisation verticale

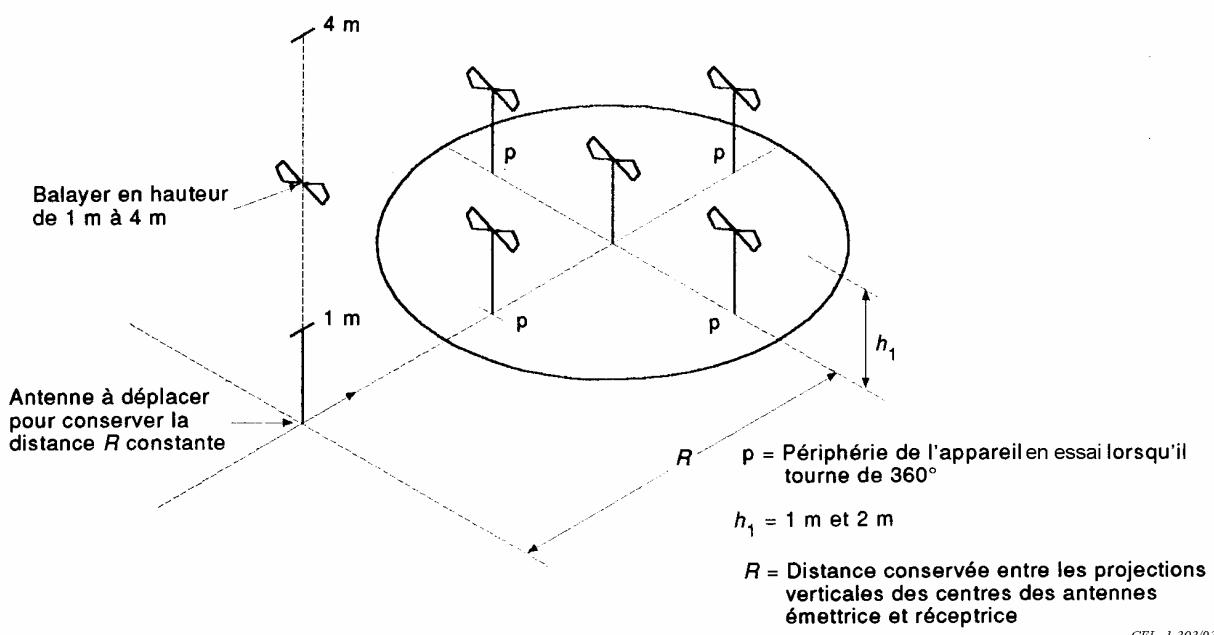


Figure 6b – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesures d'ANE en polarisation horizontale

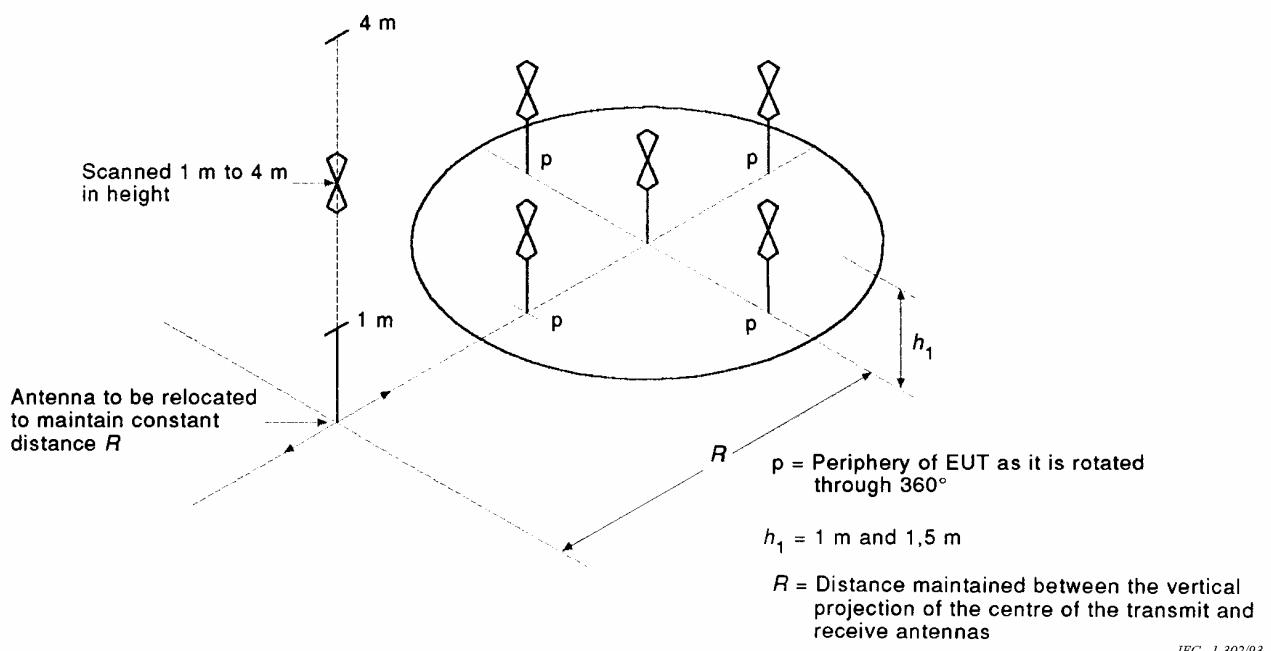


Figure 6a – Typical antenna positions for alternative test site –
Vertical polarization NSA measurements

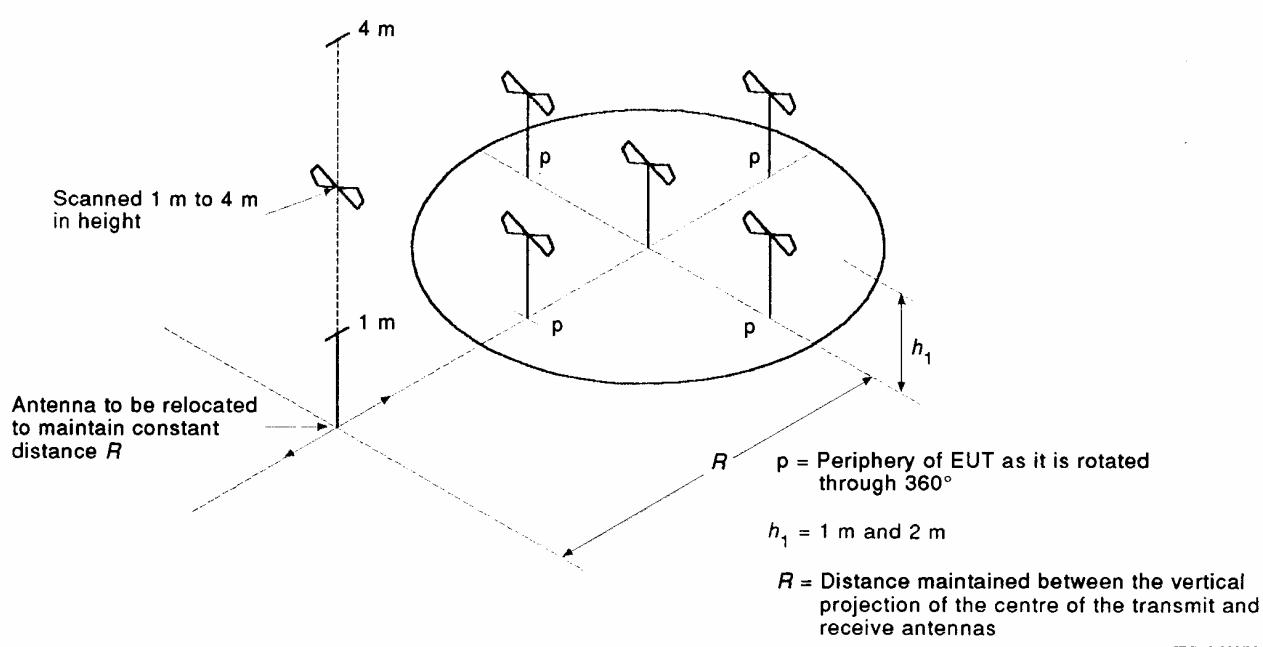
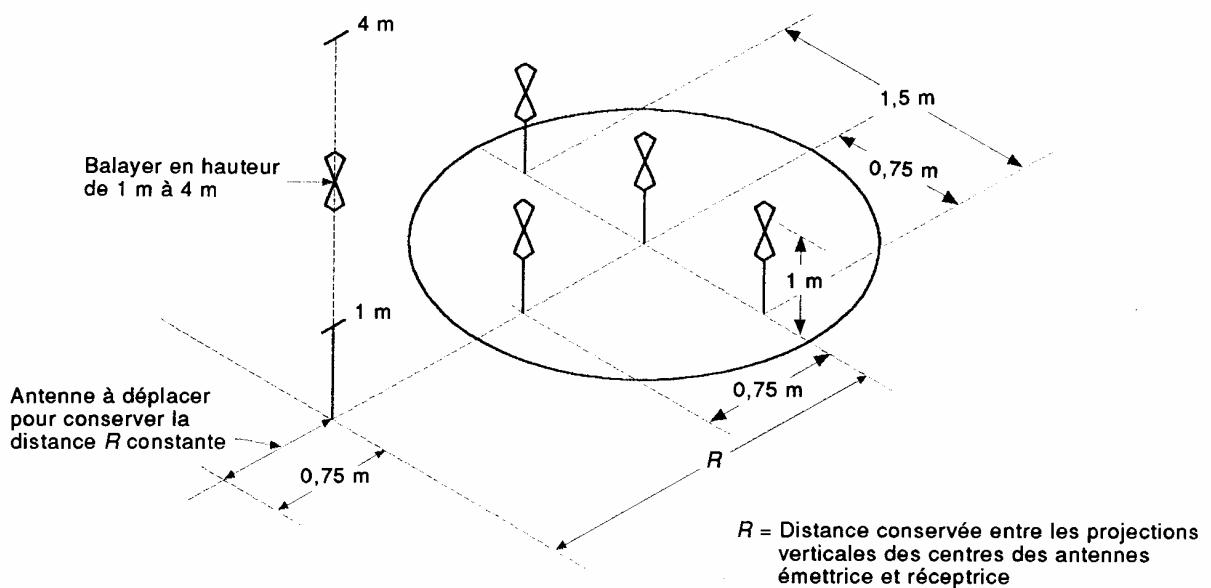
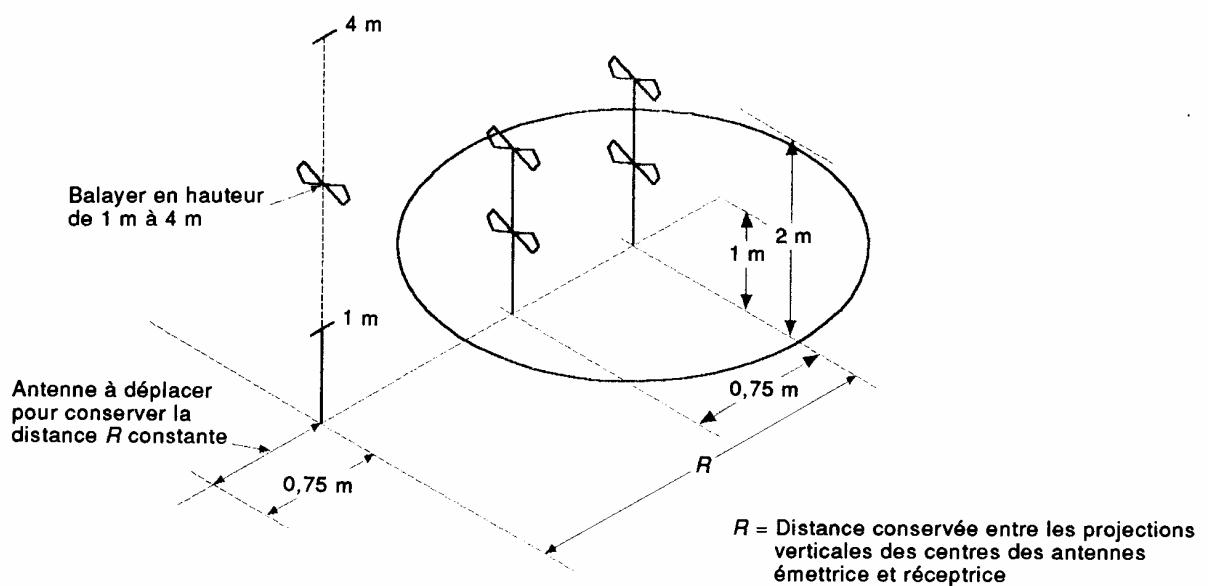


Figure 6b – Typical antenna positions for alternative test site –
Horizontal polarization NSA measurements



CEI 1 304/93

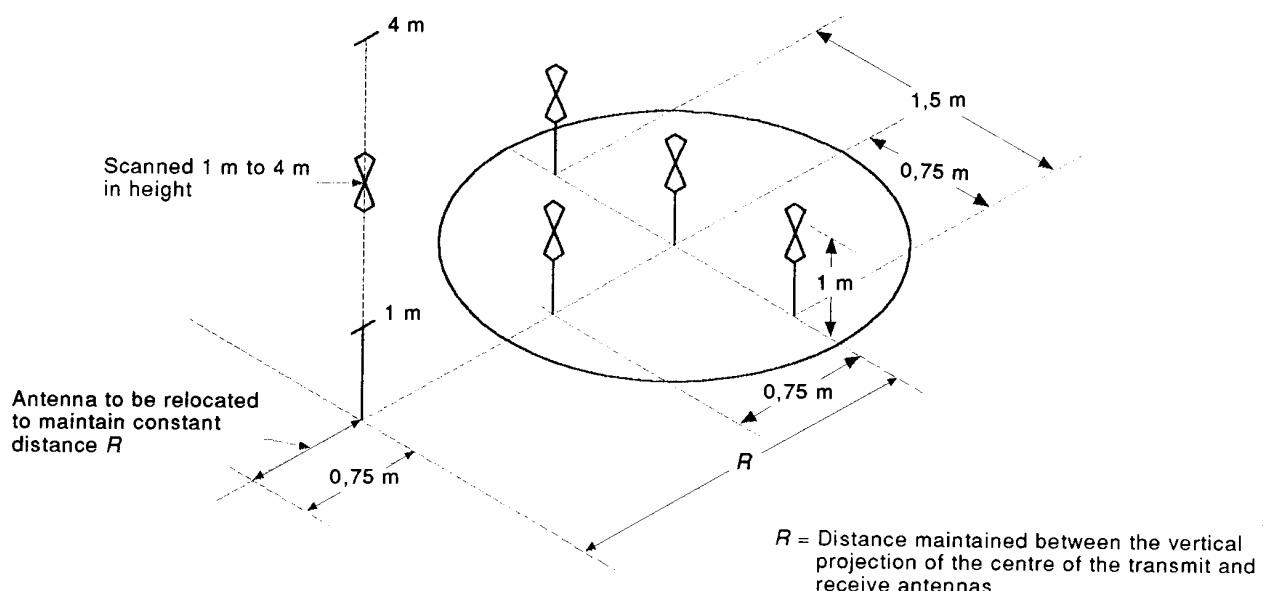
Figure 6c – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesure d'ANE en polarisation verticale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions



CEI 1 305/93

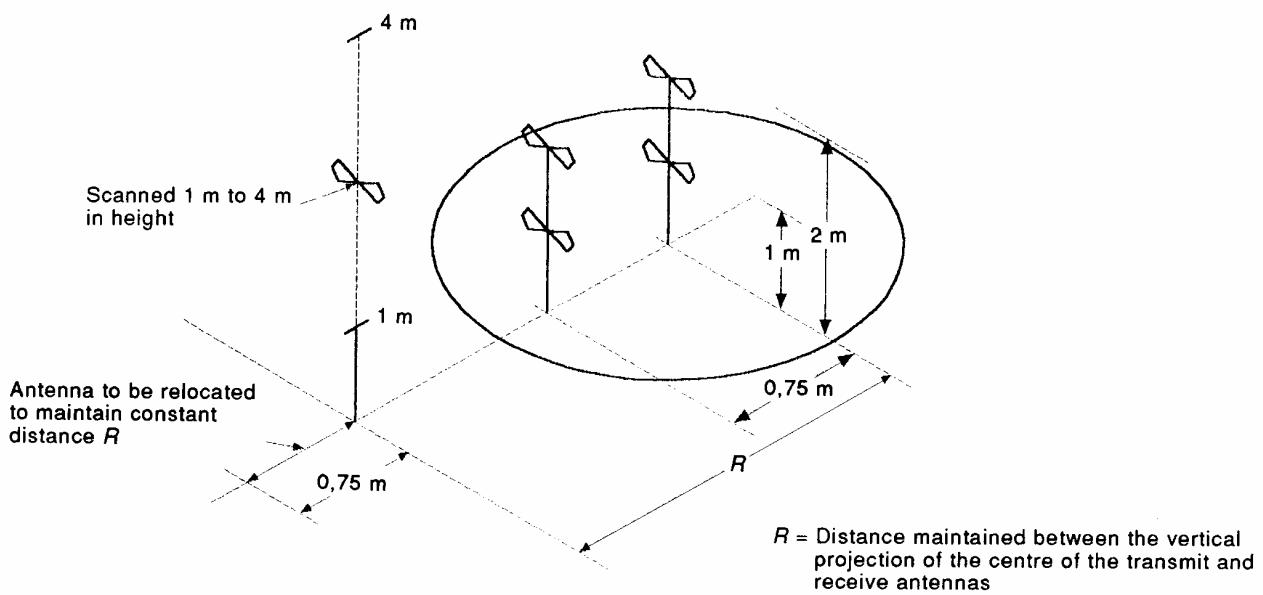
Figure 6d – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesure d'ANE en polarisation horizontale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions

Figure 6 – Positions typiques pour d'autres emplacements



IEC 1304/93

Figure 6c – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width, 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections



IEC 1305/93

Figure 6d – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width and 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections

Figure 6 – Typical antenna positions for alternative test sites

**Tableau 1 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement
(géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés
avec polarisation horizontale)**

Polarisation	Horizontale R h_1 h_2	Horizontale 3 m 2 m 1 m à 4 m	Horizontale 10 m 2 m 1 m à 4 m	Horizontale 30 m 2 m 1 m à 4 m
f_m MHz			A_N dB	
30		11,0	24,1	41,7
35		8,8	21,6	39,1
40		7,0	19,4	36,8
45		5,5	17,5	34,7
50		4,2	15,9	32,9
60		2,2	13,1	29,8
70		0,6	10,9	27,2
80		-0,7	9,2	24,9
90		-1,8	7,8	23,0
100		-2,8	6,7	21,2
120		-4,4	5,0	18,2
140		-5,8	3,5	15,8
160		-6,7	2,3	13,8
180		-7,2	1,2	12,0
200		-8,4	0,3	10,6
250		-10,6	-1,7	7,8
300		-12,3	-3,3	6,1
400		-14,9	-5,8	3,5
500		-16,7	-7,6	1,6
600		-18,3	-9,3	0
700		-19,7	-10,6	-1,4
800		-20,8	-11,8	-2,5
900		-21,8	-12,9	-3,5
1 000		-22,7	-13,8	-4,5

**Table 1 – Normalized site attenuation
(recommended geometries for tuned half-wave dipoles with horizontal polarization)**

Polarization	Horizontal 3 m	Horizontal 10 m	Horizontal 30 m
R	2 m	2 m	2 m
h_1	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m
f_m MHz	A_N dB		
30	11,0	24,1	41,7
35	8,8	21,6	39,1
40	7,0	19,4	36,8
45	5,5	17,5	34,7
50	4,2	15,9	32,9
60	2,2	13,1	29,8
70	0,6	10,9	27,2
80	-0,7	9,2	24,9
90	-1,8	7,8	23,0
100	-2,8	6,7	21,2
120	-4,4	5,0	18,2
140	-5,8	3,5	15,8
160	-6,7	2,3	13,8
180	-7,2	1,2	12,0
200	-8,4	0,3	10,6
250	-10,6	-1,7	7,8
300	-12,3	-3,3	6,1
400	-14,9	-5,8	3,5
500	-16,7	-7,6	1,6
600	-18,3	-9,3	0
700	-19,7	-10,6	-1,4
800	-20,8	-11,8	-2,5
900	-21,8	-12,9	-3,5
1 000	-22,7	-13,8	-4,5

Tableau 2 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement*
(géométries recommandées pour les antennes à large bande)

Polarisation	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Verticale	Verticale	Verticale	Verticale
R	3 m	10 m	30 m	3 m	3 m	10 m	30 m
h_1	1 m	1 m	1 m	1 m	1,5 m	1 m	1 m
h_2	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m
f_m MHz	A_N dB						
30	15,8	29,8	47,8	8,2	9,3	16,7	26,0
35	13,4	27,1	45,1	6,9	8,0	15,4	24,7
40	11,3	24,9	42,8	5,8	7,0	14,2	23,5
45	9,4	22,9	40,8	4,9	6,1	13,2	22,5
50	7,8	21,1	38,9	4,0	5,4	12,3	21,6
60	5,0	18,0	35,8	2,6	4,1	10,7	20
70	2,8	15,5	33,1	1,5	3,2	9,4	18,7
80	0,9	13,3	30,8	0,6	2,6	8,3	17,5
90	-0,7	11,4	28,8	-0,1	2,1	7,3	16,5
100	-2,0	9,7	27	-0,7	1,9	6,4	15,6
120	-4,2	7,0	23,9	-1,5	1,3	4,9	14,0
140	-6,0	4,8	21,2	-1,8	-1,5	3,7	12,7
160	-7,4	3,1	19	-1,7	-3,7	2,6	11,5
180	-8,6	1,7	17	-1,3	-5,3	1,8	10,5
200	-9,6	0,6	15,3	-3,6	-6,7	1,0	9,6
250	-11,7	-1,6	11,6	-7,7	-9,1	-0,5	7,7
300	-12,8	-3,3	8,8	-10,5	-10,9	-1,5	6,2
400	-14,8	-5,9	4,6	-14,0	-12,6	-4,1	3,9
500	-17,3	-7,9	1,8	-16,4	-15,1	-6,7	2,1
600	-19,1	-9,5	0	-16,3	-16,9	-8,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-18,4	-18,4	-10,2	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-20,0	-19,3	-11,5	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-21,3	-20,4	-12,6	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,4	-22,4	-21,4	-13,6	-3,5

* Ces données s'appliquent aux antennes qui sont éloignées d'au moins 25 cm du plan de sol lorsque les centres de ces antennes sont situés à 1 m au-dessus du plan de sol, en polarisation verticale.

5.8 Aptitude des emplacements d'essai sans plan de sol

La procédure applicable aux emplacements d'essai sans plan de sol dans la gamme de fréquences allant de 30 MHz à 1 000 MHz est la suivante.

Table 2 – Normalized site attenuation*
(recommended geometries for broadband antennas)

Polarization	Horizontal <i>R</i> 3 m 1 m 1 m to 4 m	Horizontal 10 m 1 m 1 m to 4 m	Horizontal 30 m 1 m 1 m to 4 m	Vertical 3 m 1 m 1 m to 4 m	Vertical 3 m 1,5 m 1 m to 4 m	Vertical 10 m 1 m 1 m to 4 m	Vertical 30 m 1 m 1 m to 4 m
<i>f_m</i> MHz	A _N dB						
30	15,8	29,8	47,8	8,2	9,3	16,7	26,0
35	13,4	27,1	45,1	6,9	8,0	15,4	24,7
40	11,3	24,9	42,8	5,8	7,0	14,2	23,5
45	9,4	22,9	40,8	4,9	6,1	13,2	22,5
50	7,8	21,1	38,9	4,0	5,4	12,3	21,6
60	5,0	18,0	35,8	2,6	4,1	10,7	20
70	2,8	15,5	33,1	1,5	3,2	9,4	18,7
80	0,9	13,3	30,8	0,6	2,6	8,3	17,5
90	-0,7	11,4	28,8	-0,1	2,1	7,3	16,5
100	-2,0	9,7	27	-0,7	1,9	6,4	15,6
120	-4,2	7,0	23,9	-1,5	1,3	4,9	14,0
140	-6,0	4,8	21,2	-1,8	-1,5	3,7	12,7
160	-7,4	3,1	19	-1,7	-3,7	2,6	11,5
180	-8,6	1,7	17	-1,3	-5,3	1,8	10,5
200	-9,6	0,6	15,3	-3,6	-6,7	1,0	9,6
250	-11,7	-1,6	11,6	-7,7	-9,1	-0,5	7,7
300	-12,8	-3,3	8,8	-10,5	-10,9	-1,5	6,2
400	-14,8	-5,9	4,6	-14,0	-12,6	-4,1	3,9
500	-17,3	-7,9	1,8	-16,4	-15,1	-6,7	2,1
600	-19,1	-9,5	0	-16,3	-16,9	-8,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-18,4	-18,4	-10,2	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-20,0	-19,3	-11,5	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-21,3	-20,4	-12,6	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,4	-22,4	-21,4	-13,6	-3,5

* This data applies to antennas that have at least 25 cm of ground plane clearance when the centre of the antennas is 1 m above the ground plane in vertical polarization.

5.8 Test site suitability without ground-plane

The procedure for test sites without ground-plane in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz is as follows.

5.8.1 Aspects de mesure pour les emplacements d'essai en espace libre, tels qu'ils sont constitués par des enceintes blindées complètement tapissées d'absorbants

Une enceinte blindée complètement tapissée par des absorbants, également connue sous le terme de chambre complètement anéchoïque (fully anechoic chamber – FAC) ou une enceinte complètement anéchoïque (fully anechoic room - FAR) peuvent être utilisés pour les mesures des émissions rayonnées. Lorsque la méthode avec FAR est utilisée, des limites d'émissions rayonnées appropriées doivent être définies dans les normes concernées (normes génériques, de produit ou de famille de produits). La conformité aux exigences (limites) de protection des services de radiocommunications doit être établie pour les FAR de la même manière que pour les essais OATS.

Une FAR est destinée à simuler un environnement en espace libre tel que seul le rayonnement direct provenant de l'antenne d'émission ou de l'appareil en essai atteint l'antenne de réception. Toutes les ondes indirectes et réfléchies doivent être réduites en utilisant un matériau absorbant approprié sur tous les murs, sur le plafond et sur le plancher de la FAR.

5.8.2 Performances d'emplacement

Les performances d'emplacement peuvent être validées par deux méthodes qui sont décrites ci-dessous, la méthode de référence d'emplacement et la méthode ANE.

5.8.2.1 Valeur théorique de l'affaiblissement normalisé de l'emplacement

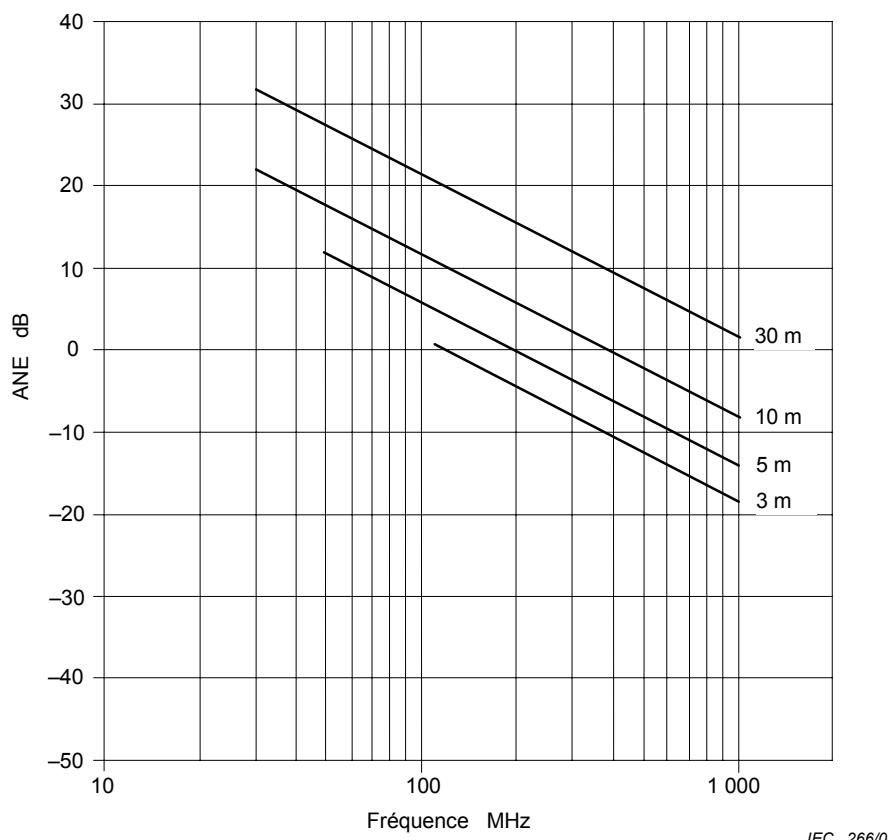


Figure 9 – Graphique de l'ANE théorique en espace libre en fonction de la fréquence pour différentes distances de mesure (voir équation 4)

NOTE Les fréquences inférieures à 110 MHz pour les distances de mesure de 3 m et celles inférieures à 60 MHz pour les distances de mesure de 5 m incluent les effets de champ proche. Ceux-ci doivent être calculés pour chaque emplacement d'essai individuel.

5.8.1 Measurement considerations for free space test sites, as realized by fully absorber-lined shielded enclosures

A fully absorber lined shielded enclosure, also known as a fully anechoic chamber (FAC), or a fully anechoic room (FAR), may be used for radiated emission measurements. When the FAR method is used, appropriate radiated emission limits shall be defined in relevant standards (generic, product or product family standards). Compliance with the radio services protection requirements (limits) shall be established for FARs in a similar way as for tests on an OATS.

A FAR is intended to simulate a free space environment such that only the direct ray from the transmitting antenna or EUT reaches the receiving antenna. All indirect and reflected waves shall be minimized with the use of appropriate absorbing material on all walls, the ceiling and the floor of the FAR.

5.8.2 Site performance

Site performance may be validated by two methods which are described below – the site reference method and the NSA method.

5.8.2.1 Theoretical normalized site attenuation

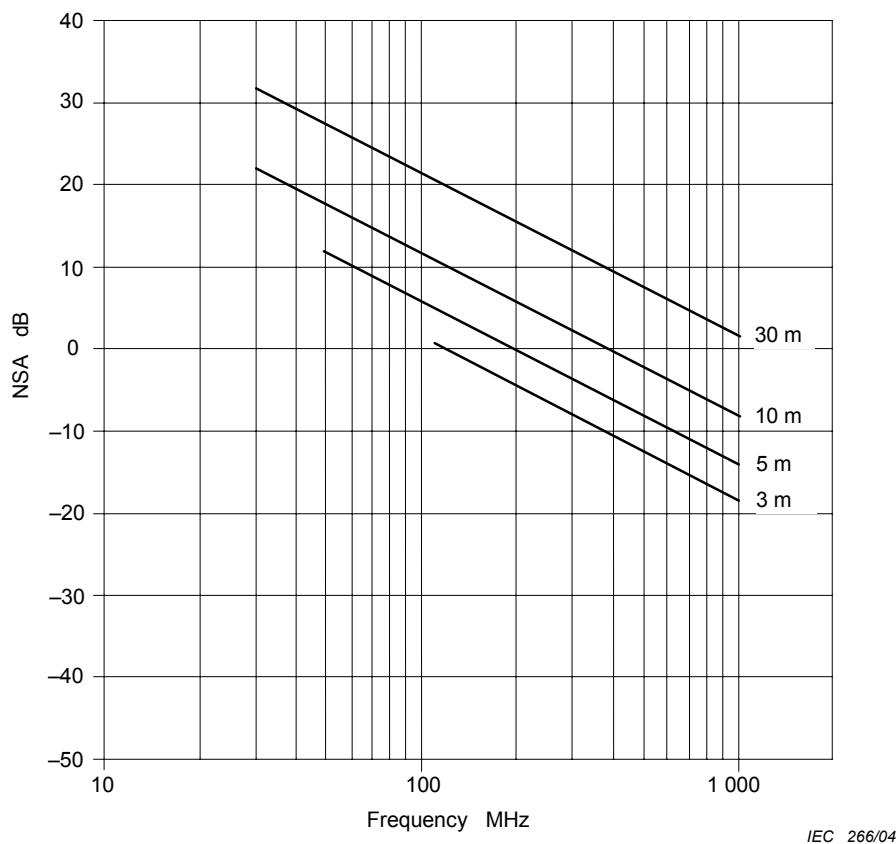


Figure 9 – Graph of theoretical free-space NSA as a function of the frequency for different measurement distances (see equation 4)

NOTE Frequencies below 110 MHz for 3 m measurement and below 60 MHz for 5 m measurement distances include near field effects. These must be calculated for each individual test site.

On trouvera ci-dessous la théorie *ANE* pour des antennes infiniment petites.

L'affaiblissement de l'emplacement (*SA*) est la perte de transmission mesurée entre les connecteurs de deux antennes d'un emplacement particulier. Pour un environnement en espace libre, *SA* (en dB) peut être approché en utilisant l'équation (2)¹⁾

$$SA = 20\log_{10} \left[\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left(\frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20\log_{10} f_m + AF_R + AF_T \quad (2)$$

où

- AF_R , AF_T sont les facteurs d'antenne des antennes d'émission et de réception en dB/m;
- d est la distance entre les centres de phase des deux antennes en mètres;
- Z_0 est l'impédance de référence (c'est-à-dire 50 Ω);
- β est défini comme correspondant à $2\pi/\lambda$; et
- f_m est la fréquence en MHz.

La valeur théorique de l'affaiblissement normalisé de l'emplacement (*ANE*) en dB est définie comme l'affaiblissement de l'emplacement avec les facteurs d'antenne respectifs déduits; en conséquence:

$$ANE_{\text{calc}} = 20\log_{10} \left[\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left(\frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20\log_{10} f_m \quad (3)$$

A des valeurs inférieures à 60 MHz à une distance de 5 m ou à 110 MHz à une distance de 3 m, il est nécessaire d'appliquer des facteurs de correction de champ proche pour chacune des positions d'essai du Tableau 3 pour faire les comparaisons avec l'*ANE* théorique de la Figure 9 et de l'équation (2). Les facteurs de correction de champ proche sont spécifiques aux antennes, à la distance d'essai et au volume d'essai qui sont utilisés, et c'est pourquoi il faut les obtenir en utilisant un code de modélisation numérique comme le NEC. Sinon, la méthode de référence d'emplacement de 5.8.2.2.1 prévoit l'annulation des termes de champ proche si les mêmes antennes et les mêmes fréquences sont utilisées à la fois pour la mesure de référence d'emplacement et pour la validation FAR.

Pour des distances de mesure de 10 m et de 30 m, les termes en champ proche de l'équation (3) peuvent être omis et l'équation est simplifiée comme suit:

$$ANE_{\text{calc}} = 20\log_{10} \left[\frac{5Z_0 d}{2\pi} \right] - 20\log_{10} f_m \quad (4)$$

¹⁾ Référence: GARBE, H. New EMC Test Facilities for Radiation Measurements. *Review of Radio Science* 1999-2002. John Wiley and Sons, New York, 2002.

The following describes the *NSA* theory for infinitely small antennas.

Site attenuation (*SA*) is the transmission loss measured between the connectors of two antennas on a particular site. For a free space environment, *SA* (in dB) can be approximated by Equation (2)¹⁾

$$SA = 20\log_{10} \left[\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left(\frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20\log_{10} f_m + AF_R + AF_T \quad (2)$$

where

AF_R , AF_T are the antenna factors of the receive and transmit antennas in dB/m;

d is the distance between the phase centres of both antennas in metres;

Z_0 is the reference impedance (i.e. 50 Ω);

β is defined as $2\pi/\lambda$; and

f_m is the frequency in MHz.

The theoretical normalized site attenuation (*NSA*) in dB is defined as site attenuation with respective antenna factors subtracted, thus:

$$NSA_{\text{calc}} = 20\log_{10} \left[\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left(\frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20\log_{10} f_m \quad (3)$$

Below 60 MHz at a 5 m distance or 110 MHz at a 3 m distance, it is necessary to apply near field correction factors for each of the required test positions of Table 3 for comparison with the theoretical *NSA* of Figure 9 and Equation (2). Near field correction factors are specific to the antennas, test distance, and test volume used, and therefore must be obtained by using a numerical modelling code such as NEC. Alternatively the site reference method of 5.8.2.2.1 provides cancellation of near field terms if the same antennas and frequencies are used for both the site reference measurement and FAR validation.

For measurement distances of 10 m and 30 m, the near-field terms in Equation (3) may be omitted, and the equation simplifies as follows:

$$NSA_{\text{calc}} = 20\log_{10} \left[\frac{5Z_0 d}{2\pi} \right] - 20\log_{10} f_m \quad (4)$$

¹⁾ Reference: GARBE, H. New EMC Test Facilities for Radiation Measurements. *Review of Radio Science* 1999-2002. John Wiley & Sons, New York, 2002

Si l'équation simplifiée (4) est utilisée à la place de l'équation (2), l'erreur introduite est inférieure à 0,1 dB aux fréquences supérieures à 60 MHz pour une distance de 5 m et supérieure à 110 MHz pour une distance de 3 m. L'erreur sera >0,1 dB à des valeurs inférieures à ces fréquences en raison des effets de champ proche. Pour une distance de 3 m, l'erreur maximale est de 1 dB à 30 MHz. Il convient alors d'utiliser l'équation (2) pour réduire cette erreur.

5.8.2.2 Procédure de validation d'emplacement

L'ANE doit satisfaire à l'exigence de 5.8.3 sur un volume d'essai cylindrique généré par la rotation de l'appareil en essai sur une table tournante. Dans ce contexte, «l'appareil en essai» comprend tous les composants d'un appareil en essai à unités multiples ainsi que les câbles d'interconnexion. Le Tableau 3 définit la valeur maximale de hauteur et de diamètre ($h_{\max} = d_{\max}$) du volume d'essai en fonction de la distance d'essai. Ce rapport entre le diamètre et la distance d'essai permet une incertitude acceptable dans les essais d'émission de l'appareil d'essai.

Tableau 3 – Dimensions maximales du volume d'essai par rapport à la distance d'essai

Diamètre maximal d_{\max} et hauteur maximale h_{\max} du volume d'essai m	Distance d'essai D_{nominal} m
1,5	3,0
2,5	5,0
5,0	10,0

Une mesure du SA (Site Attenuation: affaiblissement d'emplacement) dans une seule position peut ne pas être suffisante pour mettre en évidence les éventuelles réflexions provenant de la construction de l'enceinte et/ou du matériau absorbant qui tapisse les murs, le plancher, le plafond et la table tournante de la FAR.

Les mesures et la validation du SA dans une enceinte complètement anéchoïque doivent être réalisées en 15 positions de mesure, pour les polarisations d'antenne horizontale et verticale de l'antenne d'émission à l'intérieur du volume d'essai (voir Figure 10):

- à trois hauteurs du volume d'essai: en bas, au milieu et en haut;
- en 5 positions dans les 3 plans horizontaux: au centre, à gauche, à droite, à l'avant et à l'arrière dans chaque plan horizontal. La position arrière peut être omise si la distance qui la sépare des absorbants est supérieure à 0,5 m. Au cours des essais des appareils, la position arrière sur la table tournante est également tournée vers l'avant et la contribution de la réflexion arrière n'affectera donc pas le signal maximal.

Deux antennes à large bande doivent être utilisées pour les mesures du SA: une antenne d'émission avec son point de référence aux positions de mesure du volume d'essai et une antenne de réception à l'extérieur de ce volume d'essai avec une orientation et une position prescrites. L'antenne d'émission doit avoir un diagramme de plan H approximativement omnidirectionnel. (La dimension maximale ne doit pas dépasser 40 cm pour une distance d'essai de 3 m; à des distances plus importantes, la taille de l'antenne peut être ajustée en conséquence).

Les antennes de réception types sont des antennes hybrides (combinaison biconiques/LPD) pour les valeurs comprises entre 30 MHz et 1 000 MHz ou des antennes séparées [antennes biconiques (entre 30 MHz et 200 MHz) et antennes LPD (entre 200 MHz et 1 000 MHz)].

NOTE Il n'est pas recommandé d'utiliser une antenne hybride (combinaison biconique/LPD) que ce soit pour les essais en émission ou pour la validation de la chambre à une distance de 3 m, en raison de la taille physique importante de telles antennes.

If simplified Equation (4), is used instead of Equation (2) the error introduced is less than 0,1dB at frequencies above 60 MHz for 5 m distance and above 110 MHz for 3 m distance. The error will be >0,1 dB below these frequencies due to near-field effects. For a 3 m distance the maximum error is 1 dB at 30 MHz. To reduce this error Equation (2) should be used.

5.8.2.2 Site validation procedure

The NSA shall satisfy the requirement of 5.8.3 over a cylindrical test volume generated by the rotation of the EUT on the turntable. In this context “the EUT” includes all components of a multi-unit EUT and the interconnecting cables. Table 3 defines the maximum height and diameter ($h_{\max} = d_{\max}$) of the test volume as a function of test distance. This ratio between diameter and test distance ensures an acceptable uncertainty in EUT emissions testing.

Table 3 – Maximum dimensions of test volume versus test distance

Maximum diameter d_{\max} and height h_{\max} of the test volume m	Test distance D_{nominal} m
1,5	3,0
2,5	5,0
5,0	10,0

A single position SA (site attenuation) measurement may not be sufficient to pick up possible reflections from the room construction and/or absorbing material lining the walls, floor, ceiling and turntable of the FAR.

The fully anechoic room SA measurements and validation shall therefore be performed at 15 measurement positions for both horizontal and vertical antenna polarizations of the transmit antenna in the test volume (see Figure 10):

- at three heights of the test volume: bottom, middle and top;
- at 5 positions in all 3 horizontal planes: centre, left, right, front and rear positions in each horizontal plane. The rear position may be omitted if the distance between rear position and absorbers is more than 0,5 m. During EUT testing, the rear position on the turntable is also turned to the front, and the contribution of the back reflection will then not affect the maximum signal.

For SA measurements two broadband antennas shall be used: one transmit antenna with its reference point at the measurement positions of the test volume and one receive antenna outside this test volume at a prescribed orientation and position. The transmit antenna shall have an approximately omni-directional *H*-plane pattern. (The maximum dimension shall not exceed 40 cm for a 3 m test distance; at larger distances, the size of the antenna can be scaled accordingly).

Typical receive antennas are hybrid (biconical/LPD combination) antennas for 30 MHz to 1 000 MHz, or separate [biconical antennas (for 30 MHz to 200 MHz) and LPD antennas (for 200 MHz to 1 000 MHz)].

NOTE Use of a hybrid (biconical/LPD combination) antenna is not recommended for either emission testing or chamber validation at 3 m distance, due to the large physical size of such antennas.

Ce sont les mêmes antennes, câbles, ferrites, atténuateurs ainsi que le même amplificateur, le même générateur de signal et le même récepteur utilisés pour mesurer le SA de la FAR qui doivent être utilisés pour mesurer le SA de référence de l'emplacement d'essai en quasi espace libre (5.8.2.2.2). L'antenne de réception utilisée au cours de la validation de l'enceinte doit être du même type d'antenne que celui utilisé au cours des essais des émissions rayonnées de l'appareil en essai.

Pour la validation du volume d'essai à la fois en polarisation horizontale et en polarisation verticale et pour toutes les positions des antennes d'émission à l'intérieur du volume d'essai, la position en hauteur de l'antenne de réception dans la FAR doit être réglée et doit rester au niveau du milieu fixé du volume d'essai, comme cela est représenté aux Figures 10 et 11. Il doit être nécessaire d'incliner les antennes pour aligner l'axe de pointage des deux antennes dans un seul axe de mesure. La distance entre le point de référence de l'antenne (défini dans l'étalonnage de l'antenne) et la position avant du volume d'essai est d_{nominal} . Lorsque l'antenne d'émission est déplacée vers d'autres positions à l'intérieur du volume d'essai, l'antenne de réception doit être translatée le long de l'axe de mesure pour maintenir d_{nominal} . L'axe de mesure est la ligne entre l'antenne d'émission et l'antenne de réception, le long de laquelle d_{nominal} est définie. Pour toutes les positions et toutes les polarisations, il faut que l'antenne de réception et l'antenne d'émission se fassent face, les éléments des deux antennes étant parallèles (pour l'inclinaison, voir la Figure 11). Les mâts d'antenne et les planchers de support doivent être en place au cours de la procédure de validation.

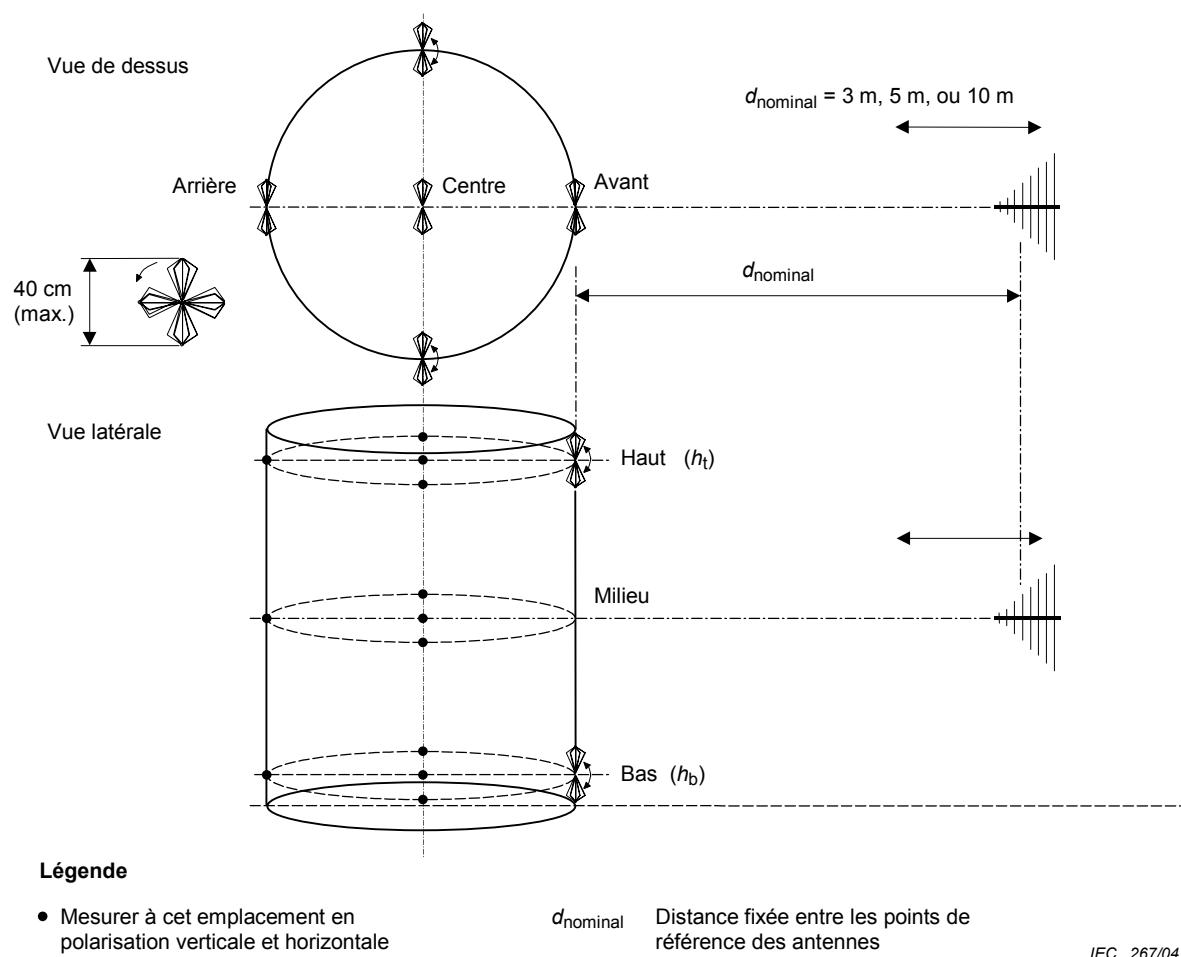


Figure 10 – Positions de mesure pour la procédure de validation de l'emplacement

The same antennas, cables, ferrites, attenuators, amplifier, signal generator and receiver used to measure the SA of the FAR, shall be used to measure the reference SA on the quasi-free space test site (5.8.2.2.2). The receive antenna used during the room validation shall be of the same type as used during radiated emission testing of the EUT.

For test volume validation both in horizontal and vertical polarization, and for all transmitting antenna positions in the test volume, the position in height of the receiving antenna in the FAR shall be set and remain at the fixed middle level of the test volume, as shown in Figures 10 and 11. Tilting the antennas shall be necessary to align the bore sight axis of both antennas in one measurement axis. The distance between the antenna reference point (defined in antenna calibration) and the front position of the test volume is d_{nominal} . When the transmit antenna is moved to other positions in the test volume, the receive antenna shall be translated along the measurement axis to maintain d_{nominal} . The measurement axis is the line between the transmit and receive antenna, along which d_{nominal} is defined. For all positions and polarizations, the receiving and the transmitting antenna must face one another with the elements of both antennas parallel (tilting, see Figure 11). Any antenna masts and the supporting floors shall be in place during the validation procedure.

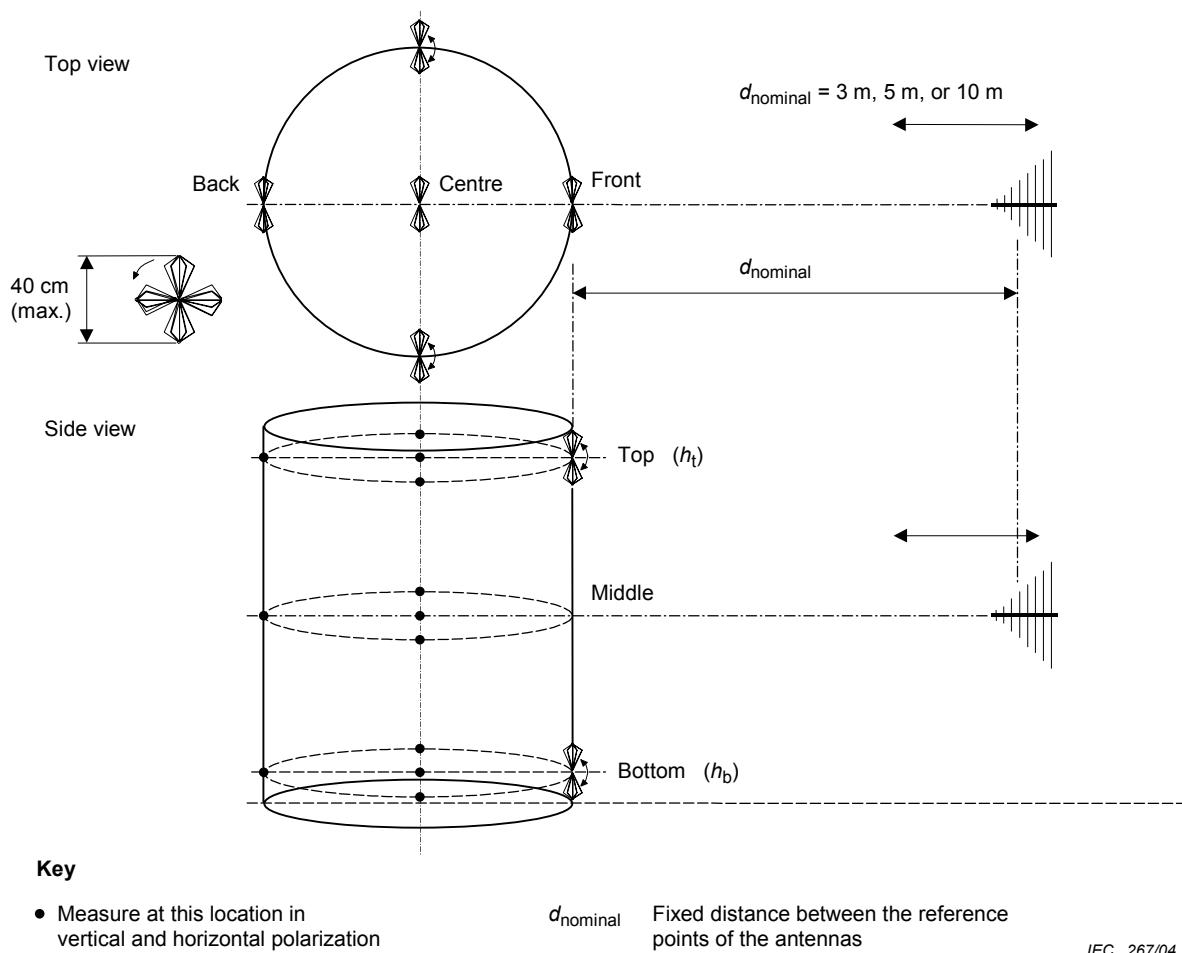


Figure 10 – Measurement positions for the site validation procedure

Pour toutes les positions de l'antenne d'émission à l'intérieur du volume d'essai, à la fois en polarisation horizontale et en polarisation verticale, les antennes d'émission et de réception doivent être alignées sur l'axe de mesure.

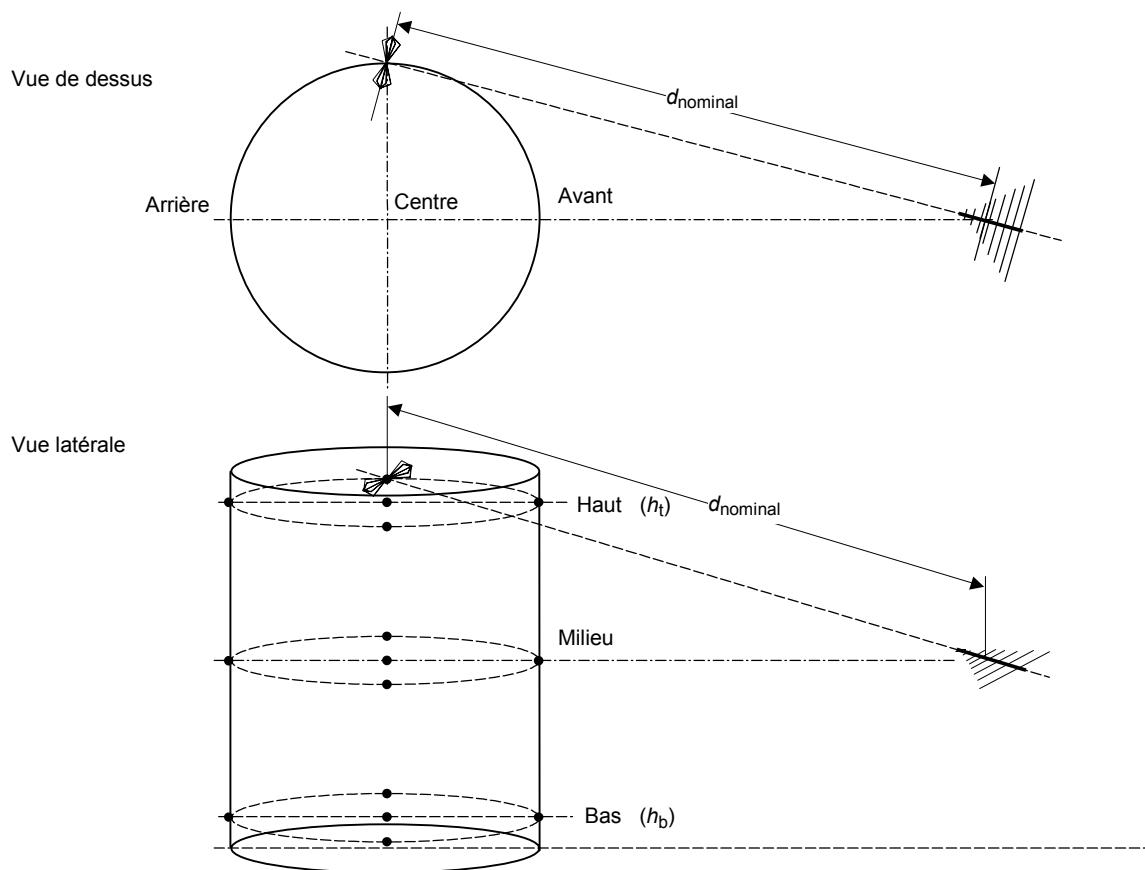
L'inclinaison des antennes est nécessaire pour satisfaire à cette exigence pour certaines positions (voir Figure 11).

d_{nominal} { est la distance d'essai associée à la limite;
est la distance d'antenne fixée dans la procédure de validation;
est la séparation entre les antennes lors de la procédure d'étalonnage.

La position de l'antenne d'émission en hauteur à l'intérieur du volume d'essai doit être déterminée comme suit:

- «Milieu» lorsque cela est possible le long d'un axe virtuel positionné à mi-hauteur et à mi-largeur de la FAR;
- «haut (h_t)» et «bas (h_b)» par la moitié de h_{max} (voir Tableau 3) moins la moitié de la dimension de l'antenne d'émission (par exemple 20 cm pour les petites antennes biconiques.)

Ces positions réglées doivent être utilisées à la fois pour les polarisations verticale et horizontale. La distance entre les plans haut et bas et les absorbants du plafond et du plancher respectivement est donnée par les performances de l'absorbant telles qu'elles sont déterminées par l'essai volumétrique ANE mais doit être d'au moins 0,5 m pour éviter un couplage entre l'appareil en essai et l'absorbant.



IEC 268/04

NOTE Antenne à polarisation horizontale, position en haut à droite.

Figure 11 – Exemple d'une position de mesure et inclinaison d'antenne pour la procédure de validation de l'emplacement

For all positions of the transmitting antenna in the test volume, in both horizontal and vertical polarizations, the transmitting and receiving antennas shall be aligned on the measurement axis.

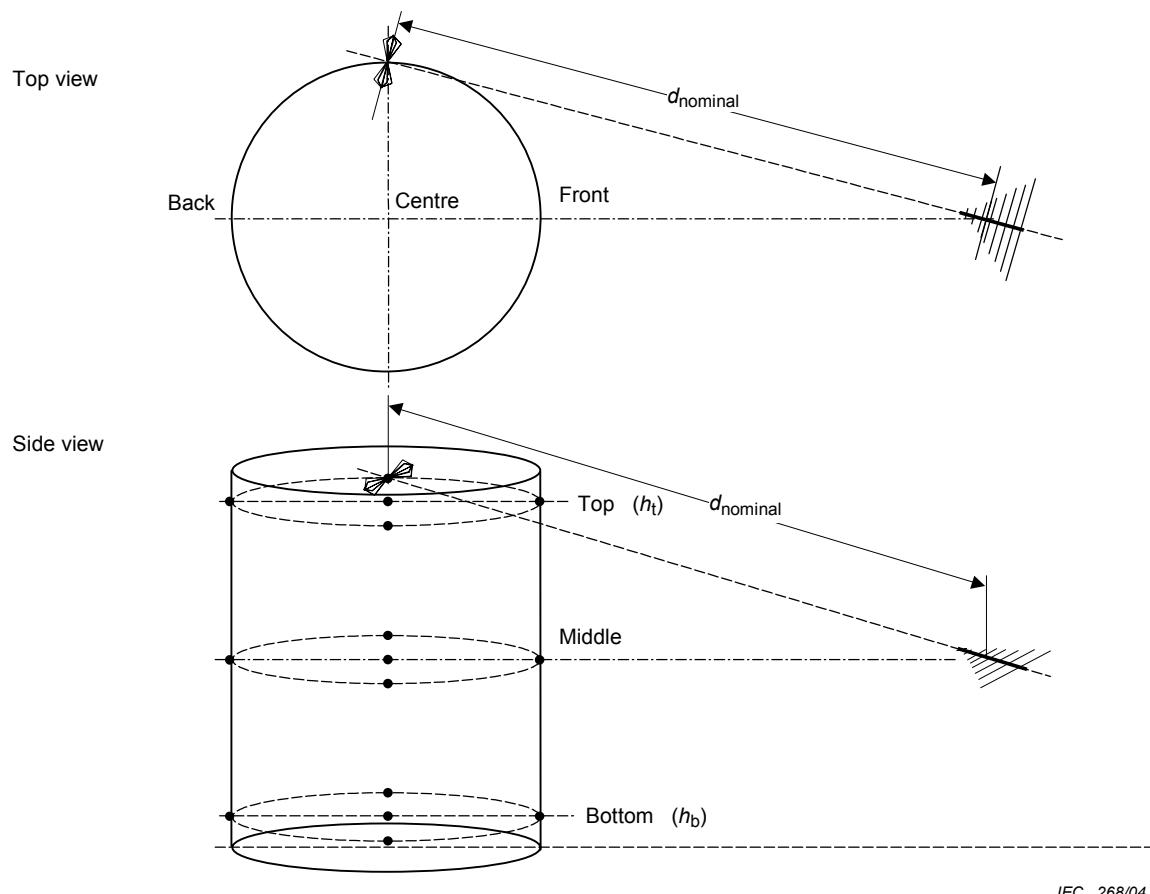
Tilting the antennas is necessary to meet this requirement at certain positions (see Figure 11).

d_{nominal} { is the test distance associated with the limit;
 is the fixed antenna distance in the validation procedure;
 is the antenna separation in the antenna calibration procedure.

The transmit antenna height position in the test volume shall be determined as follows:

- "Middle" where possible along a virtual axis positioned at mid-height and mid-width of the FAR;
- "top (h_t)" and "bottom (h_b)" by half of h_{max} (see Table 3) minus half of the transmit antenna dimension (e.g. 20 cm for small biconical antenna).

These adjusted positions shall be used for both vertical and horizontal polarizations. The distance between the top and bottom planes and the ceiling and floor absorbers respectively is given by the absorber performance as determined by the volumetric NSA test, but at least 0,5 m, to avoid EUT to absorber coupling.



IEC 268/04

NOTE Antenna polarization horizontal, position top right.

Figure 11 – Example of one measurement position and antenna tilt for the site validation procedure

La taille maximale de pas pour la mesure de la fréquence discrète doit correspondre à ce qui suit au Tableau 4:

Tableau 4 – Gammes de fréquences et tailles de pas

Gamme de fréquences MHz	Pas maximal de fréquence MHz
30 – 100	1
100 – 500	5
500 – 1 000	10

Deux méthodes sont admissibles pour la validation de l'emplacement:

- a) une méthode de référence d'emplacement qui est exigée pour les distances d'essai inférieures à 5 m;
- b) la méthode ANE qui est préférée pour les distances d'essai supérieures ou égales à 5 m.

Les méthodes de mesure du SA sont destinées à assurer un écart de 0 dB lorsqu'elles sont réalisées sur un emplacement idéal. Il est admis d'appliquer n'importe qu'elle méthode pour réduire l'incertitude de mesure tant qu'elle ne vient pas en contradiction du montage et des procédures définis ou qu'elle ne masque pas des déficiences de l'emplacement, par exemple des résonances lissées.

L'incertitude de la mesure de validation de l'emplacement peut être réduite par les mesures suivantes.

- Dans le cas d'une antenne à polarisation verticale, les câbles blindés doivent être étendus sur au moins 2 m à l'arrière de chaque antenne avant de descendre sur le sol. Si cela est possible, les câbles doivent revenir au droit des passages de câbles au travers du mur de l'enceinte. Une autre possibilité consiste à utiliser des ferrites à pince sur les câbles. Un autre moyen pour réduire l'influence des câbles consiste à utiliser des liaisons optiques.
- Les atténuateurs au niveau des connecteurs de l'antenne (par exemple 6 dB ou 10 dB) réduiront l'influence de toute désadaptation importante d'impédance au niveau des antennes.
- On doit utiliser des antennes présentant un bon équilibrage du symétriseur (le récepteur lisant des variations inférieures à $\pm 0,5$ dB lorsque l'antenne subit une rotation de 180° par rapport à son axe de pointage. Les méthodes pour la vérification de l'équilibrage de l'antenne sont décrites en 4.4.2).
- Il est admis d'utiliser des antennes biconiques et LPD séparées pour l'évaluation de la chambre (on change de type d'antenne à 200 MHz), si elles sont utilisées pour les essais des appareils. Une antenne hybride (combinaison biconique/LPD) est une combinaison de ces deux types et il est également admis de l'utiliser si les dimensions mécaniques sont suffisamment faibles pour la distance de mesure.

La procédure de validation de la FAR doit être réalisée à intervalles réguliers, pour détecter des variations à long terme des caractéristiques de l'enceinte, et lorsque des modifications interviennent, qui pourraient influer sur les caractéristiques de transmission des ondes électromagnétiques dans l'enceinte complètement anéchoïque.

The maximum step size for the discrete-frequency measurement shall be as listed in Table 4:

Table 4 – Frequency ranges and step sizes

Frequency range MHz	Maximum frequency step MHz
30 – 100	1
100 – 500	5
500 – 1 000	10

Two methods are permissible for site validation:

- a) the site reference method, which is required for test distances less than 5 m;
- b) the *NSA* method, which is preferred for test distances greater than or equal to 5 m.

The SA measurement methods are intended to provide 0 dB deviation when performed on an ideal site. Any methods may be implemented to decrease measurement uncertainty, as long as these do not contradict the defined set-up and procedures or hide any site deficiencies, e.g. smoothed resonances.

Site validation measurement uncertainty can be decreased by the following measures.

- For a vertically-polarized antenna, shielded cables are to be extended by at least 2 m behind each antenna before dropping the cable to the ground. If possible, cables shall extend straight back to the bulkhead connectors in the wall of the room. Another possibility is the use of clip-on ferrites on the cables. Another alternative for reducing the influence of cables is through the use of optical links.
- Attenuators at the antenna connectors (e.g. 6 dB or 10 dB) will reduce the influence of any large impedance mismatch at the antennas.
- Antennas with good balance of the balun shall be used (the receiver reading changes less than $\pm 0,5$ dB when the antenna is rotated through 180 degrees with respect to its bore sight axis. Antenna balance verification methods are described in 4.4.2).
- Separate biconical and LPD antennas for chamber evaluation may be used (antenna type is changed at 200 MHz), if these will be used for EUT testing. A hybrid (biconical/LPD combination) antenna is a combination of these two types and may be used as well if the mechanical dimensions are sufficiently small for the measurement distance.

The FAR site validation procedure shall be performed at regular intervals, to detect long-term changes in room characteristics, and when changes that might influence the electromagnetic wave transmission characteristics in the fully anechoic room occur.

5.8.2.2.1 Méthode de référence d'emplacement

Les mesures du SA avec la paire d'antennes (antenne d'émission et antenne de réception) sur un emplacement d'essai en quasi espace libre sont exigées comme référence. La procédure de détermination de cet affaiblissement d'emplacement de référence (SA_{ref}) est décrite en 5.8.2.2.2. Cette méthode prend en compte le couplage mutuel des antennes et des effets de champ proche qui peuvent avoir une influence importante à des distances d'essai de 3 m. L'affaiblissement d'emplacement de référence $SA_{ref}(d)$ est réalisé à la distance nominale, $d_{nominal}$, entre l'antenne d'émission et l'antenne de réception.

La procédure de validation de l'emplacement pour chaque position du volume d'essai est réalisée en 3 étapes comme suit.

- 1) M_0 est le niveau de référence mesuré par le récepteur en $\text{dB}\mu\text{V}$ avec les câbles connectés entre eux, normalement réalisé une fois avant une série d'essais volumétriques.
- 2) M_1 est le niveau mesuré par le récepteur en $\text{dB}\mu\text{V}$ avec les antennes installées.

L'affaiblissement d'emplacement de l'emplacement validé SA_{val} peut être calculé par

$$SA_{val} = M_0 - M_1 \text{ en dB} \quad (5)$$

- 3) L'écart de l'affaiblissement d'emplacement mesuré (ΔSA) par rapport à l'affaiblissement d'emplacement de référence $SA_{ref}(d)$ est calculé en utilisant l'équation (6).

$$\Delta SA = SA_{ref}(d) - SA_{val} \text{ en dB} \quad (6)$$

5.8.2.2.2 Détermination de la référence d'emplacement

Pour des validations d'emplacement précises à des distances inférieures à 5 m, il est recommandé que des paires d'antennes dédiées soient utilisées pour déterminer la référence d'emplacement (antenne d'émission et de réception). Un emplacement d'essai en quasi espace libre est exigé. Il est constitué de 2 mâts d'antenne non métalliques (en bois ou en plastique avec $\epsilon_r \leq 2,5$, à perte faible, de diamètre aussi petit que possible compte tenu de la résistance mécanique), qui permettent de placer les antennes à une certaine hauteur au-dessus du niveau du sol (Figure 12). Une méthode possible de réalisation de la performance de $\pm 1 \text{ dB}$ de l'emplacement de référence consiste à choisir la hauteur (h) des antennes comme suit:

$$h \geq d \times 8/3 \quad (7)$$

où d est la séparation entre les antennes.

Une hauteur de $h = d \times 8/3$ est recommandée pour supprimer l'influence du sol ou des absorbants en quantité substantielle, et qui fonctionnent jusqu'à 30 MHz, doivent être placés sur le sol.

NOTE Avec une séparation de 3 m à 30 MHz, il existe un terme en champ proche important ($1/d^2$) qui à lui seul donne une erreur de 0,8 dB pour une hauteur de 5/3. Cela a été vérifié par les laboratoires nationaux britanniques et autrichiens. Pour une référence d'emplacement avec une incertitude inférieure à $\pm 0,5 \text{ dB}$, une hauteur de 8/3 est recommandée si aucun absorbant n'est placé sur le sol.

La distance doit être égale à la distance réelle $d_{nominal}$ entre les antennes utilisées dans la FAR. Les antennes sont polarisées verticalement (la polarisation horizontale ne doit pas être utilisée à cause des interférences plus importantes avec le signal réfléchi par le sol). On obtient aussi une bonne approximation de l'espace libre. L'espace dégagé par rapport aux bâtiments, aux arbres etc. doit être supérieur à $d \times 8/3$ car il peut y avoir une influence sur les antennes à polarisation verticale.

5.8.2.2.1 The site reference method

SA measurements with the antenna pair (transmit and receive antenna) on a quasi-free space test site are required as a reference. The procedure for determining this reference site attenuation (SA_{ref}) is described in 5.8.2.2.2. This method accounts for mutual coupling of the antennas and near field effects, which can have a significant influence at 3 m test distances. The reference site attenuation $SA_{ref}(d)$ is performed at the nominal distance, $d_{nominal}$, between the transmit and receive antennas.

The site validation procedure for each test volume position is performed in three steps.

- 1) M_0 is the reference level measured by the receiver in dB μ V with the cables connected together, normally done once before a series of volumetric tests.
- 2) M_1 is the level measured by the receiver in dB μ V with antennas installed.

The site attenuation of the validated site SA_{val} can be calculated by

$$SA_{val} = M_0 - M_1 \text{ in dB} \quad (5)$$

- 3) The deviation of the measured site attenuation (ΔSA) from reference site attenuation $SA_{ref}(d)$ is calculated using Equation (6).

$$\Delta SA = SA_{ref}(d) - SA_{val} \text{ in dB} \quad (6)$$

5.8.2.2.2 Determining the site reference

For accurate site validations at distances less than 5 m, it is recommended that dedicated pairs of antennas be used to determine the site reference (transmit and receive antenna). A quasi-free space test site is required. It consists of 2 non-metallic antenna masts (wood or plastic with $\epsilon_r \leq 2,5$, low loss, diameter as small as possible retaining mechanical strength), which allow the placement of antennas at a certain height above the ground level (Figure 12). One possible method of realization of the ± 1 dB performance of the reference site is to choose the height (h) of the antennas as follows

$$h \geq d \times 8/3 \quad (7)$$

where d is the antenna separation.

A height of $h = d \times 8/3$ is recommended to suppress the influence of the ground, or substantial absorbers which work down to 30 MHz, need to be placed on the ground.

NOTE At 3 m separation at 30 MHz there is a significant near field term ($1/d^2$) that alone contributes an error of 0,8 dB for a height of 5/3. This was verified by the national laboratories of both the UK and Austria. For a site reference with an uncertainty of less than $\pm 0,5$ dB a height of 8/3 is recommended if no absorber is placed at the ground.

The distance shall be equal to the actual distance $d_{nominal}$ between the antennas used in the FAR. The antennas are polarized vertically (horizontal polarization shall not be used because of stronger interference with the ground-reflected signal). It also provides a good approximation of free-space. The clearance from buildings, trees, etc. shall be greater than $d \times 8/3$ because there may be an influence for vertically polarized antennas.

On doit veiller à ce que les câbles d'alimentation de l'antenne n'affectent pas le résultat de l'essai. Cela est évité au mieux en utilisant l'arrangement de câbles représenté à la Figure 12 ou en utilisant les liaisons optiques RF.

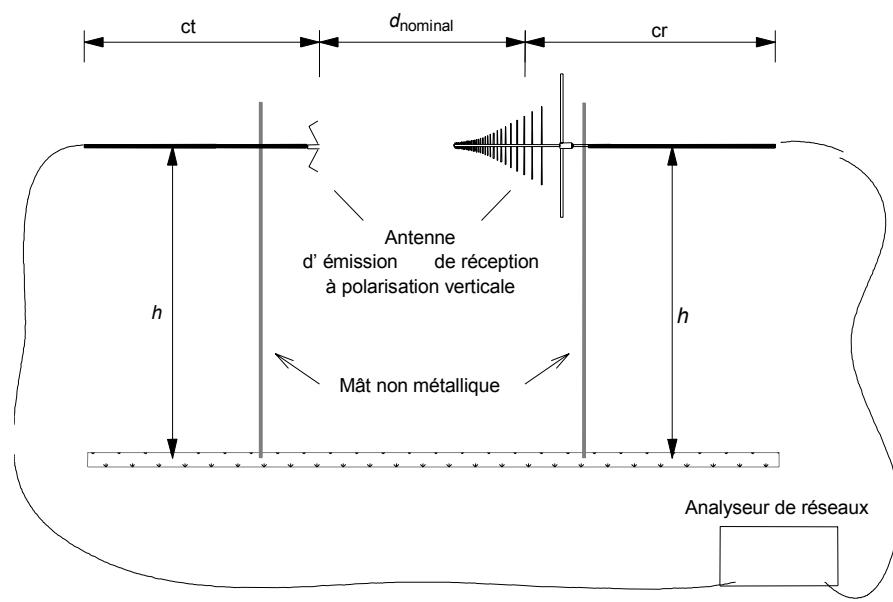
La qualité du montage de référence influence directement le résultat d'évaluation de la FAR.

La référence d'emplacement (SA_{ref}) est déterminée en 3 étapes comme suit.

- 1) $M0_{RS}$ est le niveau de référence mesuré par le récepteur en $\text{dB}\mu\text{V}$ avec les câbles connectés ensemble.
- 2) $M1_{RS}(d)$ est le niveau mesuré par le récepteur en $\text{dB}\mu\text{V}$ avec les antennes installées à la distance exigée $d_{nominal}$.
- 3) Le $SA_{ref}(d)$ est calculé selon l'équation (8).

$$SA_{ref}(d) = M0_{RS} - M1_{RS}(d) \text{ en dB} \quad (8)$$

Pour une validation d'emplacement de 3 m, une hauteur d'au moins 4 m au-dessus du sol doit être utilisée, ce qui constitue une fonctionnalité typique des mâts d'antenne contrôlables à distance qui sont utilisés pour les mesures des émissions. Dans ce cas, des absorbants électromagnétiques doivent être placés sur le sol entre les antennes, avec l'ensemble des absorbants s'étendant sur une zone minimale au-delà des antennes dans toutes les directions et il faut prouver que la condition de quasi espace libre telle qu'elle est définie en 5.8.1 est satisfaite. Pour la validation d'emplacement avec $d > 3$ m, on utilise l'équation $h > d \times 8/3$ ou un montage alternatif dont il a été démontré qu'il satisfaisait à l'affaiblissement d'emplacement de référence de ± 1 dB.



IEC 269/04

Légende

- $d_{nominal}$ distance de validation
- h hauteur des antennes au-dessus du plan de sol ou au-dessus du niveau du sol
- ct, cr câbles d'alimentation coaxiaux pour antenne d'émission et de réception orientées horizontalement à l'arrière de l'antenne pour une distance aussi proche de 2 m que possible physiquement. Dans une FAR, placer les câbles horizontalement dans la mesure du possible, de préférence droits à travers un trou dans le mur de la chambre ou utiliser une fibre optique connectée à une liaison optique RF sur la sortie de l'antenne.

NOTE La référence d'emplacement est obtenue séparément pour toutes les configurations de la Figure 10.

Figure 12 – Montage de mesure de la référence type d'emplacement en espace libre

Care has to be taken that the antenna feed cables do not affect the test result. This is best avoided by a cable arrangement as shown in Figure 12, or using RF-optical links.

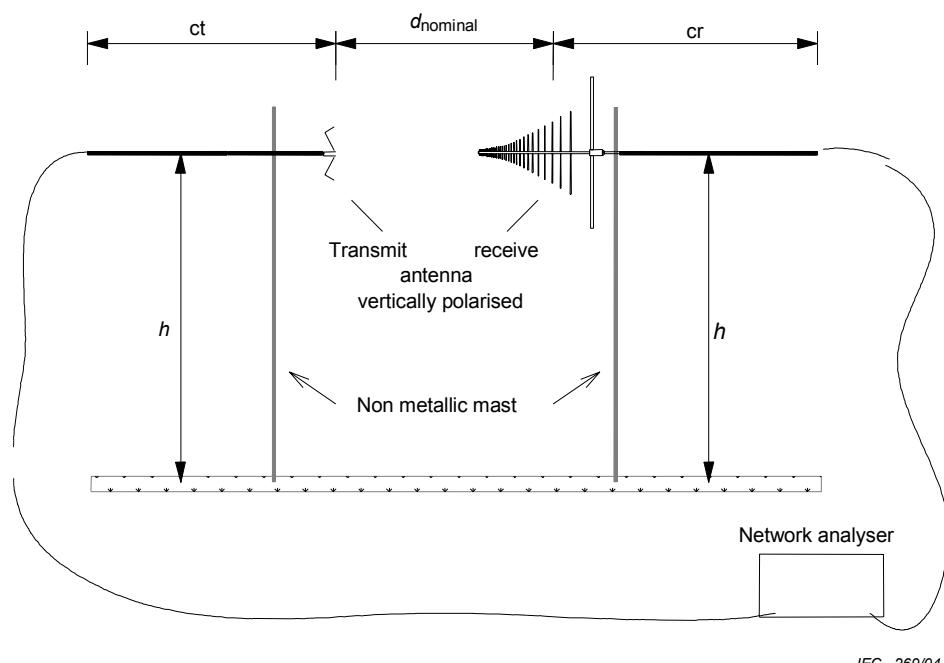
The quality of the reference set-up directly influences the FAR evaluation result.

The site reference (SA_{ref}) is determined in 3 steps, as follows.

- 1) $M0_{RS}$ is the reference level measured by the receiver in $\text{dB}\mu\text{V}$ with the cables connected together.
- 2) $M1_{RS}(d)$ is the level measured by the receiver in $\text{dB}\mu\text{V}$ with the antennas installed at the required distance $d_{nominal}$.
- 3) The $SA_{ref}(d)$ is calculated according to Equation (8)

$$SA_{ref}(d) = M0_{RS} - M1_{RS}(d) \text{ in dB} \quad (8)$$

For 3 m site validation a height of at least 4 m above ground shall be used, which is a typical capability of remotely controllable antenna masts that are used for emission measurements. In this case, electromagnetic absorbers shall be placed on the ground between the antennas, with the absorber patch extending for a minimum area beyond the antennas in all directions and it must be proven that quasi-free space condition, as defined in 5.8.1, is fulfilled. For site validation with $d > 3$ m, the equation $h > d \times 8/3$ is used, or an alternative set-up that has been demonstrated to fulfill the ± 1 dB reference site attenuation.



IEC 269/04

Key

- $d_{nominal}$ validation distance
- h height of the antennas above a ground plane or above ground level.
- ct, cr coaxial feed cables for transmit and receive antenna oriented horizontally behind the antenna for a distance as close to 2 m as physically possible. In a FAR, route the cables horizontally as far as possible, preferably straight through a hole in the chamber wall, or use optical fibre connected to an RF-optical link on the output of the antenna.

NOTE Site reference is obtained separately for all geometries of Figure 10.

Figure 12 – Typical free-space site reference measurement set-up

5.8.2.2.3 Méthode ANE

Les facteurs d'antenne en espace libre de l'antenne d'émission et de réception (définis par les articles sur l'étalonnage des antennes dans la série CISPR 16) sont nécessaires pour cette procédure. La validation d'emplacement pour chaque position de mesure est réalisée en 4 étapes comme suit.

- 1) M_0 est le niveau de référence mesuré par le récepteur avec les câbles connectés ensemble.
- 2) M_1 est le niveau mesuré par le récepteur avec les antennes installées.
- 3) L'ANE mesuré (ANE_m) est calculé en dB selon l'équation (9)

$$ANE_m = M_0 - M_1 - AF_T - AF_R \text{ en dB} \quad (9)$$

où AF_T et AF_R sont des facteurs d'antenne en espace libre en dB/m.

- 4) L'écart ΔANE est calculé en dB selon l'équation (10)

$$\Delta ANE = ANE_m - ANE_{\text{calc}} \quad (10)$$

où ANE_{calc} est calculé en utilisant l'équation (4), et ΔANE est comparé avec le critère ANE applicable, par exemple ± 4 dB, donné en 5.8.3.

NOTE Il faut que la distance d entre les points de référence des antennes d'émission et de réception (définie par l'étalonnage d'antenne) soit utilisée comme d_{nominal} . La distance efficace entre les antennes varie avec la fréquence en raison de leurs positions de centre de phase. La perte de transmission doit être compensée par le rapport de la distance efficace sur d_{nominal} .

5.8.3 Critères de validation d'emplacement

Un emplacement de mesure doit être conforme aux exigences suivantes:

- les écarts du SA ou du ANE (équations (6) ou (10)) doivent être inférieurs à ± 4 dB à la fois pour la polarisation horizontale et la polarisation verticale et pour chaque position de mesure et chaque fréquence de mesure;
- il faut que le budget d'incertitude de l'évaluation d'emplacement selon les recommandations de la CISPR 16-4-2 soit consigné et il doit avoir les mêmes composants que ceux nécessaires pour les mesures de contrainte de champ sur les emplacements d'essai alternatifs avec plan de sol.

5.8.2.2.3 The NSA method

The free space antenna factors of the transmit and receive antenna (defined by antenna calibration clauses of the CISPR 16 series) are required for this procedure. The site validation for each measurement position is performed in 4 steps as follows.

- 1) M_0 is the reference level measured by the receiver with the cables connected together.
- 2) M_1 is the level measured by the receiver with the antennas installed.
- 3) The measured NSA (NSA_m) is calculated in dB according to Equation (9)

$$NSA_m = M_0 - M_1 - AF_T - AF_R \text{ in dB} \quad (9)$$

where AF_T and AF_R are free space antenna factors in dB/m.

- 4) The deviation ΔNSA is calculated in dB according to Equation (10)

$$\Delta NSA = NSA_m - NSA_{\text{calc}} \quad (10)$$

where NSA_{calc} is calculated using Equation (4), and ΔNSA is compared with the applicable NSA criterion, e.g. ± 4 dB, as specified in 5.8.3.

NOTE The distance d between the reference points of the transmit and receive antennas (defined by antenna calibration) must be used as d_{nominal} . The effective distance between the antennas varies with frequency due to their phase centre positions. The transmission loss shall be compensated by the ratio of the effective distance to d_{nominal} .

5.8.3 Site validation criteria

A measurement site shall comply with the following requirements:

- deviations of the SA or the NSA (Equation 6 or Equation 10) shall be less than ± 4 dB for both horizontal and vertical polarization and for each measurement position and measurement frequency;
- the uncertainty budget of the site evaluation according to CISPR 16-4-2 recommendations must be reported and shall have the same components as required for field strength measurements on alternative test sites with ground plane.

6 Chambre réverbérante pour la mesure de la puissance totale rayonnée

La mesure de la puissance rayonnée totale est considérée comme un paramètre significatif pour la maîtrise des perturbations de certains types d'appareils fonctionnant dans la gamme des hyperfréquences, en raison de l'existence de diagrammes de rayonnement tridimensionnels complexes qui dépendent des conditions de fonctionnement et d'environnement de l'appareil. Elle peut être mesurée en plaçant l'appareil dans une chambre adaptée, à parois métalliques. Des agitateurs rotatifs sont installés pour éviter des effets d'ondes stationnaires qui pourraient autrement produire une distribution non uniforme de la densité d'énergie dans la chambre. La densité d'énergie à une position quelconque de la chambre, sous réserve de forme, position et dimensions convenables, varie de manière aléatoire en phase, amplitude et polarisation selon une loi de distribution statistique constante.

6.1 Chambre

6.1.1 Dimensions et forme

Les dimensions de la chambre doivent être grandes par rapport à la longueur d'onde de la plus basse fréquence considérée. La chambre doit également être assez grande pour recevoir l'appareil en essai, les agitateurs et les antennes de mesure. Les dimensions d'un appareil hyperfréquence varient de celles d'un petit four ayant un volume d'environ 0,2 m³ à celles de grands appareils de 1,7 m de hauteur sur une base de 760 mm. La chambre peut avoir n'importe quelle forme, pourvu que ses trois dimensions soient du même ordre. Il convient que ces trois dimensions soient, de préférence, différentes. Si la fréquence la plus basse est de 1 GHz, la chambre doit avoir un volume d'au moins 8 m³. Les dimensions réelles dépendent des caractéristiques physiques de la chambre. Voir 6.1.4 pour les méthodes d'essais d'aptitude de la chambre.

Les murs et les agitateurs doivent être métalliques. Les joints entre les éléments métalliques doivent être robustes et avoir une faible résistance électrique sur toute leur longueur, et doivent être exempts de corrosion superficielle. Aucun matériau absorbant, tel que du bois, ne doit être placé dans la chambre.

6.1.2 Porte, ouvertures dans les murs et équerres de montage

La porte de l'enceinte doit être assez grande pour permettre le passage des opérateurs et des appareils. Elle doit s'ouvrir vers l'extérieur et fermer convenablement pour minimiser les pertes d'énergie. Pour faciliter le montage des antennes d'émission et de réception à l'intérieur de la chambre, des équerres de montage peuvent être fixées aux murs.

6.1.3 Agitateurs

Deux exemples d'agitateurs sont décrits ici. D'autres formes sont autorisées à condition que l'efficacité d'agitation satisfasse aux critères de 6.1.4.

6.1.3.1 Pales tournantes

Si on utilise des pales tournantes, deux d'entre elles doivent être placées sur des murs adjacents de la chambre et séparées des murs d'au moins 1/4 de la longueur d'onde maximale utilisée et être d'une épaisseur suffisante pour être rigides. Elles doivent avoir la longueur maximale possible compte tenu des dimensions du mur et leur largeur doit être d'environ 1/5 de leur longueur.

6.1.3.2 Aubes tournantes

Si des aubes tournantes sont utilisées, deux ou trois aubes sont montées sur les murs de la chambre. Les aubes doivent être à angle droit les unes par rapport aux autres. Elles peuvent avoir la forme illustrée à la figure 7, et tourner autour d'un axe parallèle à leur longueur. Le diamètre de l'espace tubulaire balayé doit normalement être au moins égal à la longueur d'onde maximale utilisée, et les longueurs doivent normalement avoir la valeur maximale possible compte tenu des dimensions des murs. Leur structure doit être rigide.

6 Reverberating chamber for total radiated power measurement

For some types of equipment operating in the microwave frequency range, because of the existence of complex three-dimensional radiation patterns which are sensitive to equipment operating conditions and its surroundings, the measurement of total radiated power is considered to be a significant parameter related to disturbance control. It can be measured by placing the equipment in a suitable chamber with metal walls. To avoid effects of standing waves that would otherwise produce non-uniform distribution of energy density with position in the chamber, rotating stirrers are installed. With proper size, shape and position, the energy density at any position in the chamber varies randomly with a constant statistical distribution law in phase, amplitude and polarization.

6.1 Chamber

6.1.1 Size and shape

The linear dimensions of the chamber shall be large relative to the wavelength of the lowest frequency of interest. It shall also be large enough to accommodate the equipment under test, the stirrers and the measuring antennas. Microwave equipment varies in size from the small table top oven having a volume of about 0,2 m³ to large units 1,7 m high with a 760 mm base. The chamber may be of any shape provided its three dimensions are of the same order. The three dimensions should preferably be different. For a lowest frequency of 1 GHz, the chamber shall have a volume at least 8 m³. The actual dimensions will depend on the physical characteristics of the chamber. See 6.1.4 for method of test of the suitability of the chamber.

The walls and the stirrers shall be metallic. Joints between the metallic members shall be mechanically sound and of low electrical resistance along the whole length, and there shall be no surface corrosion. No absorbing material, such as wood, shall be placed inside the chamber.

6.1.2 Door, openings in walls, and mounting brackets

The enclosure door shall be large enough to allow the passage of operators and equipment. It shall open outward, and fit tightly to minimize energy losses. For convenience in mounting, transmitting and receiving antennas inside the chamber, mounting brackets may be fixed to the walls.

6.1.3 Stirrers

The following describes two examples of stirrers. Other shapes are permissible provided stirring efficiency meets the criteria in 6.1.4.

6.1.3.1 Rotating vanes

If rotating vanes are used, two vanes are placed on adjacent walls of the chamber spaced at least 1/4 of the maximum wavelength used from the walls and of sufficient thickness to be rigid. They shall be of the maximum length allowed by the wall sizes and their width shall be about 1/5 of the length.

6.1.3.2 Rotating paddles

If rotating paddles are used, two or three paddles are mounted on the walls of the chamber. The paddles shall be mutually at right angles. The paddles may be of the shape shown in figure 7 and rotate about an axis parallel to their length. The diameter of the swept tubular space shall be at least equal to the maximum wavelength used, and the lengths shall be the maximum allowed by the wall sizes. The structure shall be rigid.

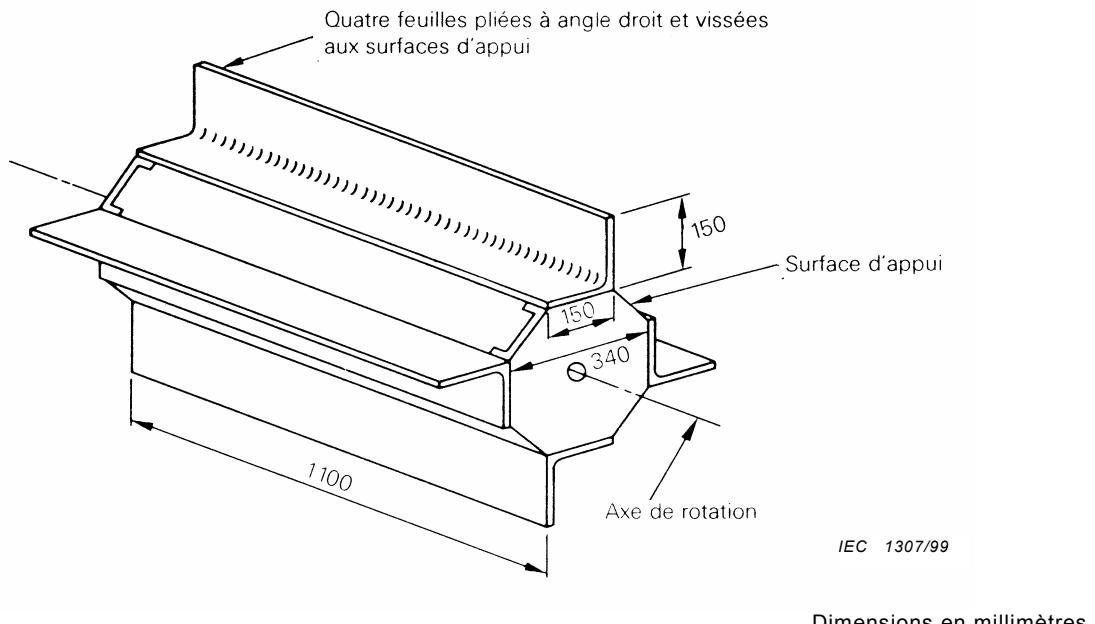


Figure 7 – Exemple d'agitateurs typiques à tubes

6.1.3.3 Vitesse de rotation

La vitesse de rotation de chaque agitateur doit être différente. La durée maximale de chaque rotation des agitateurs doit être inférieure à 1/5 du temps d'intégration de l'appareil de mesure. Une vitesse convenable pour l'appareil de mesure décrit en 6.1.5 est de 50 tr/min à 200 tr/min. Les moteurs utilisés pour faire tourner les agitateurs, ainsi que leurs réducteurs, doivent de préférence être situés à l'extérieur des murs de la chambre.

6.1.4 Essais d'efficacité des agitateurs

La distribution uniforme désirée de l'énergie dans la chambre est indiquée par la régularité de la variation de l'affaiblissement de couplage (décris en 6.1.5) en fonction de la fréquence. Aux basses fréquences, en raison des longueurs d'onde plus grandes, il est plus difficile de réaliser cette uniformité et il existe des minima et maxima prononcés. Plus l'efficacité des agitateurs est grande, plus l'écart entre les minima et les maxima est faible, plus la fréquence utilisable est basse.

L'affaiblissement de couplage est mesuré sur toute la gamme de fréquences utile de la chambre. Aux fréquences basses auxquelles on peut observer les maxima et minima, les valeurs doivent être mesurées à des intervalles d'environ 100 MHz. L'antenne de réception reste alors fixe, on fait tourner l'antenne d'émission à des intervalles de 45 degrés et on répète l'essai pour chaque position et chaque fréquence. L'essai complet doit être répété de nouveau avec l'antenne de réception tournée de 90 degrés. On considère que les agitateurs sont satisfaisants lorsque: (1) l'enveloppe de la courbe des minima et maxima ne dépasse pas 2 dB pour n'importe quelle position de l'antenne d'émission, et lorsque (2) la moyenne des quatre courbes est comprise dans une enveloppe de 2 dB ou moins. Un résultat typique est illustré à la figure 8.

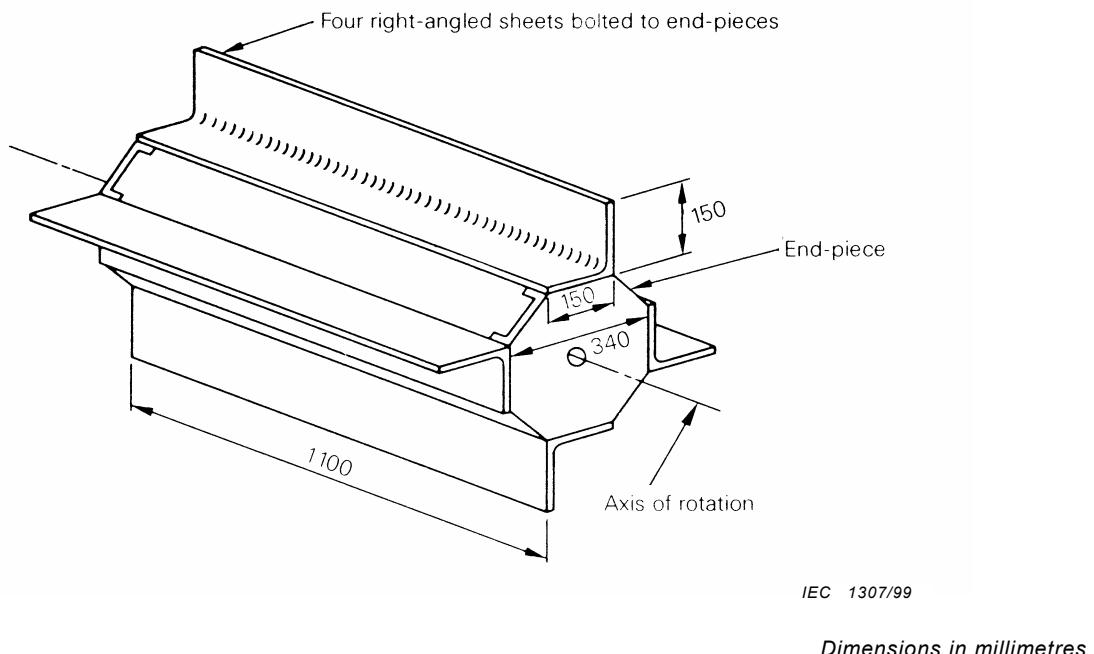


Figure 7 – Example of a typical paddle stirrer

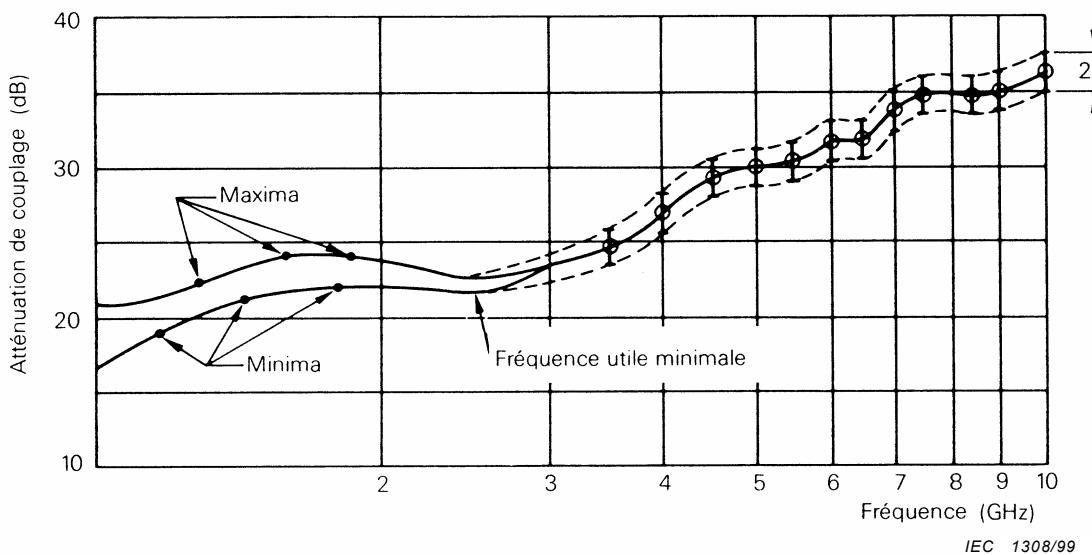
6.1.3.3 Rotating speed

The rotation speeds of the stirrers shall be different. The longest time for one rotation of the stirrers shall be less than 1/5 of the integrating time of the measuring instrument. For the measuring equipment described in 6.1.5, a suitable rate is between 50 rev/min and 200 rev/min. The motors used to rotate the stirrers, together with their reduction gear, should preferably be outside the walls of the chamber.

6.1.4 Test for the efficiency of the stirrers

The desired uniform distribution of energy in the chamber is shown by the smoothness of the variation with frequency of coupling attenuation (described in 6.1.5). At low frequencies, due to the longer wavelengths, it is more difficult to achieve this uniformity and there exist pronounced maxima and minima. The greater the efficiency of the stirrers the smaller are these maxima and minima and hence the usable frequency is lower.

The coupling attenuation is measured over the usable frequency range of the chamber. At the lower frequencies where the maxima and minima are observable, values shall be measured at about 100 MHz intervals. The receiving antenna then remains fixed, the transmitting antenna is rotated at 45-degree intervals and the test is repeated for each position and at each frequency. The whole test shall be repeated again with the receiving antenna rotated at 90 degrees. The stirrers are considered satisfactory when: (1) the envelope of the graph of the maxima and the minima does not exceed 2 dB in any position of the transmitting antenna, and, (2) the means of the four graphs are within an envelope of 2 dB or less. Figure 8 shows a typical result.



NOTE Tous les points mesurés doivent normalement se situer dans l'enveloppe de 2 dB marquée en tirets.

Figure 8 – Gamme de l'affaiblissement de couplage en fonction de la fréquence pour une chambre utilisant l'agitateur de la figure 7

6.1.5 Affaiblissement de couplage

L'affaiblissement de couplage de la chambre est la perte d'insertion mesurée entre les bornes des antennes de réception et d'émission de la chambre. Un générateur de mesure étalonné dont la puissance de sortie peut être mesurée avec précision, est utilisé pour alimenter une antenne d'émission à faible perte (par exemple une antenne cornet) située dans la chambre ou sur un mur de la chambre. Une antenne de réception peut être placée à n'importe quel point de la chambre, à condition qu'elle soit à au moins 1/4 de longueur d'onde des murs et qu'elle ne soit pas dirigée vers l'antenne d'émission ou, vers le mur de la chambre le plus proche, ou alignée sur l'un des axes de la chambre.

Un amplificateur RF à faible bruit est connecté à l'antenne de réception via un filtre passe-haut; sa sortie est branchée, à travers un filtre passe-bande, à un détecteur à diode. Le filtre passe-bande doit être accordé à la fréquence concernée et avoir la bande passante spécifiée. La sortie du détecteur est branchée à un voltmètre de crête à temps de maintien de crête spécifié (ce temps de maintien dépend de l'appareil mesuré). Un analyseur de spectre peut également être utilisé pour cette mesure. La puissance P fournie à l'antenne d'émission est notée. Ensuite, le générateur de signaux est connecté à l'entrée de l'amplificateur à faible bruit, et la puissance de sortie p est réglée pour obtenir la même lecture sur le voltmètre. La puissance fournie à l'amplificateur à faible bruit est notée. L'affaiblissement de couplage est $10 \lg (P/p)$ dB.

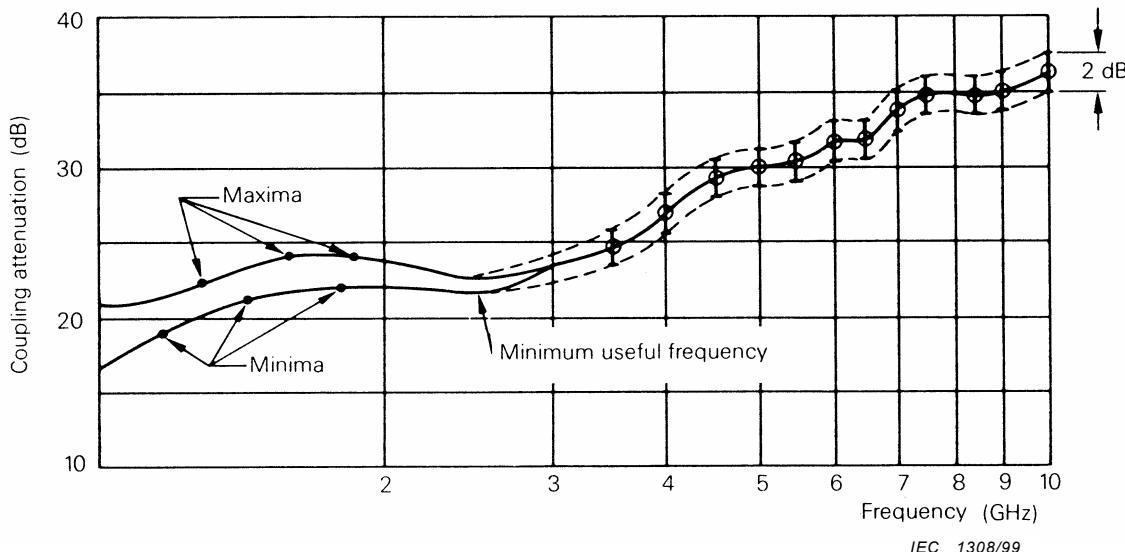
7 Cellules TEM pour les mesures d'immunité aux perturbations rayonnées

(A l'étude)

8 Emplacement d'essai pour la mesure des champs radioélectriques perturbateurs dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

L'emplacement d'essai doit correspondre à des conditions d'absence de réflexions. Il peut être nécessaire d'utiliser des matériaux absorbants et/ou d'augmenter la hauteur de l'appareil en essai pour atteindre ces conditions d'espace libre.

NOTE Dans le cas d'appareils en essai destinés à reposer sur le sol, il se peut que les conditions d'absence de réflexions ne soient pas satisfaites près du sol.



NOTE All measured points should lie inside the 2 dB envelope marked by dotted line.

Figure 8 – Range of coupling attenuation as a function of frequency for a chamber using the stirrer in figure 7

6.1.5 Coupling attenuation

The coupling attenuation of a chamber is the insertion loss measured between the terminals of the transmitting and the receiving antennas in the chamber. A calibrated signal generator whose power output can be accurately measured is used to feed power to a low-loss transmitting antenna (e.g. a horn antenna) located inside the chamber or on a chamber wall. A receiving antenna may be placed at any point in the chamber provided it is at least 1/4 wavelength from the walls and not pointing toward the transmitting antenna, towards the nearest chamber wall, or aligned with any of the chamber axis.

A low-noise RF amplifier is connected to the receiving antenna via a high-pass filter; its output is connected through a band-pass filter to a diode detector. The band-pass filter shall be tuned to the frequency of interest and be of the specified bandwidth. The output of the detector is connected to a peak reading voltmeter with a specified peak-hold time (the hold time will depend on the equipment being measured). A spectrum analyzer may also be used for this measurement. The power absorbed by the transmitting antenna, P , is noted. The signal generator is then connected to the input of the low-noise amplifier, and its power output, p , is adjusted to give the same voltmeter reading. The power absorbed by the low-noise amplifier is noted. The coupling attenuation is $10 \lg (P/p)$ dB.

7 TEM cells for immunity to radiated disturbance measurement

(under consideration)

8 Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz

The test site shall rely on reflection-free conditions. It may be necessary to use absorbing material and/or to raise the height of the EUT to achieve these free-space conditions.

NOTE In the case of floor standing equipment tests, reflection-free conditions may not be achieved close to the ground.

8.1 Emplacement d'essai de référence

L'emplacement d'essai de référence doit être un emplacement d'essai ouvert en espace libre (FSOATS) avec des précautions pour s'assurer que les réflexions n'influencent pas la mesure.

8.2 Validation de l'emplacement d'essai

La procédure à utiliser pour valider l'emplacement d'essai ainsi que la tolérance permise par rapport aux conditions idéales d'espace libre pour l'acceptation d'un emplacement (par exemple 4 dB comme cela est spécifié généralement au-dessous de 1 GHz, ou une valeur inférieure) sont à l'étude.

8.3 Autres emplacements d'essai possibles

Tout emplacement de mesure qui satisfait aux conditions d'espace libre est un emplacement d'essai possible.



8.1 Reference test site

The reference test site shall be a free-space, open area test site (FSOATS) with precautions to ensure that reflections do not influence the measurement.

8.2 Validation of the test site

The procedure to be used to validate the test site and the allowed tolerance with regard to the ideal free-space conditions for a site to be accepted (e.g. 4 dB as currently specified below 1 GHz or a lower value) is under consideration.

8.3 Alternative test site

Any measurement site that achieves free-space conditions is a possible alternative test site.

Annexe A (normative)

Paramètres des antennes à large bande

A.1 Introduction

Comme on utilise de nouvelles antennes améliorées, associées à des récepteurs à balayage ou à des analyseurs de spectre, pour effectuer des mesures de rayonnement et d'immunité dans des bandes de fréquences larges, il est très utile de donner les paramètres spécifiques qui peuvent être utilisés pour comparer les caractéristiques et les utilisations de ces antennes à large bande. Plusieurs publications du CISPR spécifient des antennes particulières à utiliser pour effectuer les mesures. Au-dessus de 80 MHz on mentionne principalement les doublets demi-onde accordés. Généralement d'autres types d'antennes, normalement à large bande, peuvent être utilisés à condition que les résultats soient équivalents à ceux obtenus avec l'antenne spécifiée. La liste des paramètres appropriés aide à la comparaison entre ces antennes à large bande et les antennes spécifiées ou d'autres antennes à large bande. On doit spécifier ces paramètres dans toute contribution du CISPR recommandant l'utilisation d'une nouvelle antenne. Les fabricants d'antennes peuvent également utiliser cette information comme guide pour spécifier les aspects les plus utiles des antennes à large bande utilisées pour les mesures de perturbation. Il n'est cependant pas dans les intentions du CISPR de montrer une préférence pour un type particulier d'antenne à large bande par rapport aux doublets accordés.

A.2 Paramètres des antennes à large bande

Les antennes à large bande utilisées pour les mesures du CISPR sont les antennes polarisées linéairement et sont destinées à être utilisées dans une bande de fréquences large, malgré la limitation de la gamme d'accord ou le fait que des éléments peuvent être ajoutés ou retirés. L'impédance de telles antennes comporte habituellement une partie réelle et une partie imaginaire. Les autres paramètres qui peuvent être spécifiés sont donnés ci-dessous.

A.2.1 Type d'antenne

Les paramètres suivants décrivent les caractéristiques physiques qu'il convient de fournir pour des antennes à large bande. A noter que certains paramètres peuvent ne pas s'appliquer à toutes les antennes.

A.2.1.1 Style d'antenne de longueur ou diamètre fixe ou variable

Si l'antenne a une longueur variable, spécifier le nombre de sections que l'on peut ajouter ou retirer afin de modifier la longueur fixe de base.

NOTE Les antennes entièrement accordables ne sont pas considérées comme des antennes à large bande et, par conséquent, ne sont pas spécifiées ici. Le diamètre des antennes cadres n'est généralement pas variable.

A.2.1.2 Rapport largeur-profondeur ou diamètre du cadre

Donner les dimensions en mètres. Par exemple, pour une antenne log-périodique, il convient de donner la longueur de la partie centrale dans l'axe de mesure et la largeur du plus grand élément.

Annex A (normative)

Parameters of broadband antennas

A.1 Introduction

As new and improved antennas are used in making both radiated emission and immunity measurements over wide frequency ranges using scanning receivers or spectrum analyzers, it is very helpful to provide specific parameters that can be used in comparing the attributes and usefulness of such broadband antennas. Various CISPR publications specify particular antennas to be used in making measurements. Tuned half-wave resonant dipoles are most notably mentioned above 80 MHz. Generally, other types of antennas, normally broadband in nature, can be used provided the results are equivalent to those obtained with the specified antenna. The comparison of these broadband antennas to the specified antennas or to other broadband antennas will be aided by listing appropriate parameters. These parameters shall be specified as part of any CISPR contribution recommending new antenna usage. Antenna manufacturers shall also use this information as guidance in specifying the most useful aspects of broadband antennas used in making interference measurements. It is not the intent of CISPR, however, to show a preference for any particular broadband antenna over that for tuned dipoles.

A.2 Broadband antenna parameters

Broadband antennas used for CISPR measurements are those antennas that are linearly polarized and are intended for use over a wide frequency range. This does not prevent the use of antennas with limited length adjustment nor the addition of antenna element sections. The impedance of such antennas are typically comprised of both real and imaginary impedances. Other parameters that can be specified are contained below.

A.2.1 Antenna type

The following parameters describe the physical parameters of broadband antennas that should be provided. Note that some parameters may not apply to each antenna.

A.2.1.1 Antenna style of fixed or variable length or diameter

If the antenna has a variable length, specify the number of sections that are added or subtracted to change the basic fixed length.

NOTE Fully tunable antennas are not considered to be broadband and hence would not be specified herein. The diameter of loop antennas are generally not variable.

A.2.1.2 Depth to width ratio or loop diameter

Provide dimension in metres. For a log periodic array, for example, the length of the boom along the measurement axis and the width of the largest element would be provided.

A.2.1.3 Antenne active ou passive

Une antenne à large bande est considérée comme une antenne active si elle comporte des amplificateurs, des préamplificateurs, et d'autres dispositifs actifs non linéaires qui amplifient le signal et/ou corrigent la réponse en fréquence.

A.2.1.4 Disposition de montage

Donner toute exigence spéciale de montage en plus de celles qui peuvent être remplies à l'aide d'un trépied typique ou d'un positionneur d'antenne.

A.2.1.5 Type de connecteur

Spécifier le type: BNC, N, SMA, etc., selon le cas.

A.2.1.6 Type de symétriseur

Spécifier si le symétriseur est discret, distribué, accordable, etc.

A.2.2 Spécification de l'antenne

A.2.2.1 Gamme de fréquences

Spécifier la gamme de fréquences, en mégahertz ou en kilohertz, dans laquelle l'antenne fonctionne avec les caractéristiques données. Spécifier également la décroissance, si elle existe, des caractéristiques, à chaque extrémité de la gamme (en décibels par octave).

A.2.2.2 Gain et facteur d'antenne

A.2.2.2.1 Gain

Spécifier le gain typique ou le gain réel, en décibels par rapport à l'antenne isotrope (dBi).

A.2.2.2.2 Facteur d'antenne

Spécifier le facteur d'antenne typique ou réel en décibels par mètre.

Il convient de mesurer le gain et le facteur d'antenne en utilisant la procédure d'étalonnage donnée en A.2.3.1.

A.2.2.3 Directivité et diagramme pour une polarisation linéaire

Spécifier le diagramme d'antenne et la directivité en degrés, par un tracé en coordonnées polaires dans les deux plans E et H. Pour les antennes moins directives, spécifier le rapport avant/arrière en décibels. Indiquer si l'antenne est omnidirectionnelle.

A.2.2.4 Rapport d'ondes stationnaires et impédance

Indiquer le rapport d'ondes stationnaires maximal et l'impédance nominale en ohms.

A.2.2.5 Caractéristiques des antennes actives

Pour les antennes avec amplificateur, spécifier les niveaux des produits d'intermodulation, le niveau d'immunité aux champs électrique et magnétique extérieurs et toute vérification appropriée permettant de déterminer une surcharge ou un fonctionnement anormal.

A.2.2.6 Puissance maximale

Pour l'utilisation en mesure d'immunité spécifier la puissance maximale permanente et transitoire en watts.

A.2.1.3 Active or passive antenna

A broadband antenna is considered an active antenna if it contains amplifiers, preamplifiers, and other non-linear active devices which amplify the signal and or shape the frequency response.

A.2.1.4 Mounting arrangement

Provide any special mounting requirements beyond those which can be accommodated by a typical tripod or antenna positioner.

A.2.1.5 Connector type

Specify BNC, N, SMA, etc. as appropriate.

A.2.1.6 Balun type

Specify if balun is discrete, distributed, tunable, etc.

A.2.2 Specification of the antenna**A.2.2.1 Frequency range**

Specify the frequency range in megahertz or kilohertz where the antenna operates within its characteristics. If there is a defined fall-off characteristic in decibels per octave at either end of the range, so specify.

A.2.2.2 Gain and antenna factor**A.2.2.2.1 Gain**

Specify typical or actual gain in decibels relative to an isotropic radiator (dBi).

A.2.2.2.2 Antenna factor

Specify typical or actual antenna factor in decibels per metre.

Both gain and antenna factor should be measured using the calibration procedure in A.2.3.1.

A.2.2.3 Directivity and pattern for linearity polarization

Specify antenna pattern and directivity in degrees with a polar plot in both the E and H planes. For less directional antennas, specify the front-to-back ratio in decibels. If omnidirectional, so state.

A.2.2.4 VSWR and impedance

Indicate the maximum VSWR and nominal input impedance in ohms.

A.2.2.5 Active antenna performance

For antennas with active amplified gain, specify the intermodulation product levels, its electric and magnetic field strength immunity level from outside disturbances, and any appropriate check to determine overload or improper operation.

A.2.2.6 Power handling

For immunity use specified maximum and transient power handling capability in watts.

A.2.2.7 Autres conditions

Spécifier les gammes de température et d'humidité dans lesquelles l'antenne doit fonctionner ainsi que toutes les précautions nécessaires pour une utilisation en espace non protégé exposé aux conditions climatiques extérieures.

A.2.3 Etalonnage de l'antenne

A.2.3.1 Méthode d'étalement pour la mesure des émissions

Indiquer la méthode utilisée pour l'étalement, c'est-à-dire:

- a) par le calcul (indiquer la formule utilisée);
- b) par la mesure (indiquer la méthode ou la norme utilisée ou la traçabilité dans un laboratoire national d'étalement et si les antennes sont étalement individuellement).

NOTE Pour les mesures d'immunité, l'étalement du champ est généralement effectué en utilisant une antenne auxiliaire étalement, située à la place de l'appareil à mesurer. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'étalement l'antenne d'émission.

A.2.3.2 Intervalle de fréquence

Indiquer les fréquences, en mégahertz ou en kilohertz, utilisées au cours de la procédure d'étalement; indiquer si une procédure par balayage en fréquence est utilisée.

A.2.3.3 Précision de l'étalement

Spécifier la précision nominale de l'étalement en \pm décibels. Indiquer la valeur de la précision dans le cas le plus défavorable et la partie de la bande de fréquences correspondante.

A.2.3.4 Corrélation avec les antennes préférentielles ou les antennes spécifiées

Si l'antenne est destinée à être substituée à une antenne préférentielle ou à une antenne spécifiée citée dans une publication du CISPR, indiquer tous les facteurs de corrélation, en décibels, permettant de ramener les résultats obtenus avec l'antenne large bande à ceux obtenus avec l'antenne préférentielle ou avec l'antenne spécifiée. Indiquer également tout facteur de conversion utilisé pour permettre une conversion à partir de la valeur du champ magnétique ou réciproquement, ou pour toute autre conversion d'unité de mesure autre que celle du champ rayonné.

A.2.3.5 Unités

Spécifier l'étalement dans les unités nécessaires pour effectuer des mesures de champ magnétique ou de champ électrique en émission.

A.2.4 Informations pour les utilisateurs de l'antenne

A.2.4.1 Utilisation de l'antenne

Fournir des directives pour l'utilisation de l'antenne. S'assurer que toutes les précautions ou les limitations spécifiques sont mentionnées afin de réduire les risques d'une mauvaise utilisation.

A.2.4.2 Limitations physiques

Indiquer s'il existe des limitations physiques pour l'utilisation de l'antenne, telles que les suivantes:

- a) hauteur minimale au-dessus du plan de sol;
- b) polarisation préférentielle par rapport au plan de sol;

A.2.2.7 Other conditions

Specify the temperature and humidity range in which the antenna must operate and any precautions if used in an unprotected area exposed to the weather.

A.2.3 Antenna calibration

A.2.3.1 Method of calibration for emission measurements

Identify the method used for calibration, i.e.:

- a) calculated (indicate formula used);
- b) measured (specify the method or standard used or the traceability to national calibration laboratory, and whether antennas are calibrated individually).

NOTE For immunity measurements, field strength calibrations are generally made using a secondary calibrated antenna located at the place of the appliance being subjected to the radiation. Hence, no calibrations are required on the transmit antenna.

A.2.3.2 Frequency interval

Indicate the frequencies in megahertz or kilohertz used during the calibration process; if a swept frequency procedure is used, so state.

A.2.3.3 Accuracy of calibration

Specify the nominal accuracy of the calibration in \pm decibels. Indicate the worst case accuracy and the portion of the frequency band where that occurs.

A.2.3.4 Correlation with preferred or specified antennas

If the antenna is to be substituted for a preferred or specified antenna cited in a CISPR publication, indicate all correlation factors in decibels to equate the broadband antenna results to those of the preferred or specified antenna. Also indicate any conversion factor used to convert from the magnetic field intensity or vice versa or for any other conversion to a measurement unit other than a field strength quantity.

A.2.3.5 Units

Specify calibration in units that are necessary to make magnetic or electric field strength emission measurements.

A.2.4 Antenna user information

A.2.4.1 Antenna use

Provide a description of the use of the antenna. Ensure that any special precautions or limitations are cited to reduce the chance of misuse.

A.2.4.2 Physical limitations

Indicate if there are any physical limitations in using the antenna such as the following:

- a) minimum height above the ground plane;
- b) preferred polarization with respect to the ground plane;

- c) utilisation spéciale, c'est-à-dire utilisation en antenne de réception ou en antenne d'émission uniquement. Normalement l'antenne est limitée par la puissance maximale admissible du symétriseur pour les antennes passives ou les caractéristiques non bidirectionnelles des antennes actives;
- d) simple vérification ohmique pour déterminer l'intégrité de la continuité électrique de l'antenne;
- e) distance minimale entre l'appareil à mesurer et l'élément de l'antenne le plus proche.

- c) special use, i.e. use as a receive antenna or a transmit antenna only. Normally, this is limited to the power handling capability of the balun for passive antennas or the non-bidirectional characteristics for active antennas;
- d) simple ohmic check to determine continuity integrity of antenna;
- e) minimum separation of the closest antenna element to the appliance being measured.

Annexe B (normative)

Équations donnant les caractéristiques du monopole (antenne fouet de 1 m) et caractérisation du réseau d'adaptation associé à l'antenne²⁾

B.1 Description

B.1.1 Introduction au système d'antenne monopole (fouet de 1 m)

Les antennes monopoles (fouet) sont habituellement employées aux fréquences inférieures à 30 MHz, mais sont parfois utilisées à des fréquences supérieures. En raison de la grande longueur d'onde associée aux fréquences basses de la gamme, les méthodes utilisées pour étalonner ou caractériser les antennes à des fréquences plus élevées ne s'appliquent pas. Les techniques définies dans cette annexe sont applicables à des fréquences jusqu'à 30 MHz. Avec des précautions, cette méthode a été utilisée commercialement avec une erreur faible (moins de 1 dB).

La méthode principale pour rattacher le facteur d'antenne à une référence nationale est d'illuminer toute l'antenne par une onde plane. Cette annexe donne une méthode alternative, la substitution du monopole par capacité équivalente. Bien qu'il soit possible de déterminer le facteur d'antenne par la méthode de substitution, cela demande des connaissances d'expert pour obtenir le facteur d'antenne réel à ± 1 dB pendant la procédure d'étalonnage. C'est spécialement le cas lors de la conception du dispositif de montage pour des types d'antennes dont l'élément monopole ne peut être fixé par un connecteur coaxial. Enfin, la méthode de substitution par capacité équivalente demande un soin particulier aux fréquences supérieures à 10 MHz et pour les antennes actives.

B.1.2 Équations des caractéristiques de l'antenne monopole (fouet)

Les équations suivantes sont utilisées pour calculer la hauteur effective, la capacité propre et le facteur de correction de la hauteur des antennes fouet ou monopole de dimensions inhabituelles.

Elles sont valables seulement pour des antennes fouet cylindriques plus courtes que $\lambda/8$ [8]³⁾.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad [1], [2], [3] \quad (\text{B.1})$$

$$C_a = \frac{55,6h}{(\ln \frac{h}{a}) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad [3], [4], [5], [6], [7], [8] \quad (\text{B.2})$$

$$C_h = 20 \log h_e \quad (\text{B.3})$$

où

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

h est la hauteur réelle du fouet, en mètres;

λ est la longueur d'onde, en mètres;

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

2) Cette annexe est basée sur l'IEEE 291-1991 (voir l'article B.5).

3) Les chiffres entre crochets se réfèrent aux documents de référence cités à l'article B.5.

Annex B (normative)

Monopole (1 m rod antenna) performance equations and characterization of the associated antenna matching network²⁾

B.1 Description

B.1.1 Introduction of the monopole (1 m rod) antenna system

Monopole (rod) antennas are typically used at frequencies below 30 MHz but are sometimes used at higher frequencies. Because of the long wavelength associated with the low frequency range, methods used to calibrate or characterize antennas at higher frequencies are not applicable. The techniques defined in this annex are applicable for frequencies up to 30 MHz. Using due care, this method has been used commercially with small (less than 1 dB) error.

The primary method for traceability of antenna factor to national standards is to illuminate the whole antenna by a plane wave. An alternative method, capacitor substitution of the monopole element, is contained in this annex. Although it is possible to determine the antenna factor by the capacitor substitution method, it requires expert knowledge to achieve the true antenna factor to within ± 1 dB during the actual calibration process. This is especially the case when designing jigs for types of antenna whose monopole element is not attachable by a coaxial connector. Finally, care in the use of the capacitor substitution method is required especially at frequencies above 10 MHz and for active antennas.

B.1.2 Monopole (rod) 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 cylindrical rod antennas shorter than $\lambda/8$ [8]³.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad [1], [2], [3] \quad (\text{B.1})$$

$$C_a = \frac{55.6h}{(\ln \frac{h}{a}) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad [3], [4], [5], [6], [7], [8] \quad (\text{B.2})$$

$$C_h = 20 \log h_e \quad (\text{B.3})$$

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;

2) This annex is based on IEEE 291-1991 (see clause B.5).

3) Figures in square brackets refer to the reference documents cited in clause B.5.

- a est le rayon du fouet, en mètres;
 C_h est le facteur de correction de la hauteur, en dB(m).

B.2 Méthode de caractérisation du réseau d'adaptation

La méthode de substitution par capacité équivalente utilise une antenne fictive à la place de l'élément fouet réel. Le composant principal de l'antenne fictive est une capacité égale à la capacité propre du fouet ou monopole. Cette antenne fictive est alimentée par un générateur de signal et la sortie du réseau d'adaptation ou la sortie embase de l'antenne est mesurée selon la configuration d'essai indiquée à la figure B.1. Le facteur d'antenne (AF) en dB(1/m) est donné par l'équation (B.4).

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (\text{B.4})$$

où

- V_D est la mesure du signal de sortie du générateur, en dB(μ V);
 V_L est la mesure du signal de sortie du réseau d'adaptation, en dB(μ V);
 C_h est le facteur de correction de hauteur (pour la hauteur effective), en dB(m).

Pour l'antenne monopole (de 1 m) employée habituellement en mesures de CEM, la hauteur effective (h_e) est 0,5 m, le facteur de correction de la hauteur (C_h) est -6 dB(m) et la capacité propre (C_a) est 10 pF.

NOTE Voir B.1.2 pour calculer la hauteur effective, le facteur de correction de la hauteur et la capacité propre des antennes fouet de dimensions inhabituelles.

L'une des deux procédures doit être utilisée: la méthode de B.2.1 avec un analyseur de réseau, ou la méthode de B.2.2 utilisant un générateur de signal et un appareil de mesure de bruit RF. La même antenne fictive est employée dans les deux cas. Voir l'article B.3 pour des indications de la réalisation de l'antenne fictive. Les mesures doivent contenir un nombre suffisant de fréquences pour obtenir une courbe régulière du facteur d'antenne en fonction de la fréquence sur la plage d'utilisation de l'antenne, ou 9 kHz à 30 MHz, selon celle qui est la plus petite des deux.

B.2.1 Procédure utilisant un analyseur de réseau

- Etalonner l'analyseur de réseau avec les câbles à utiliser pour la mesure.
- Installer le réseau d'adaptation à étalonner et l'appareil de mesure comme indiqué à la figure B.1.
- Soustraire le niveau du signal (en dB (μ V)) obtenu sur la voie de mesure du niveau du signal (en dB (μ V)) obtenu sur la voie de référence et soustraire C_h (-6 dB pour un fouet de 1 m) pour obtenir la valeur (en dB(1/m)) du facteur d'antenne.

NOTE Des atténuateurs ne sont pas nécessaires avec l'analyseur de réseau car les impédances des voies de l'analyseur sont très proches de 50 Ω et toute erreur est compensée lors de l'étalonnage de l'analyseur. Des atténuateurs peuvent néanmoins être utilisés, mais les inclure complique l'étalonnage de l'analyseur.

B.2.2 Procédure utilisant un appareil de mesure de bruit RF et un générateur de signaux

- Installer le réseau d'adaptation à étalonner et le matériel de mesure comme indiqué à la figure B.2.
- Avec le matériel connecté comme indiqué et une terminaison 50 Ω placée sur le connecteur en T (A), mesurer la tension du signal reçu V_L (en dB(μ V)) à la sortie RF (B).

a is the radius of the rod element, in metres;
 C_h is the height correction factor, in dB(m).

B.2 Matching network 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 matching network 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.4).

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (\text{B.4})$$

where

V_D is the measured output of the signal generator, in dB(μV);
 V_L is the measured output of the matching network, in dB(μV);
 C_h is the height correction factor (for the effective height), in dB(m).

For the monopole (1 m rod) antenna 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 B.1.2 to calculate the effective height, height correction factor and self-capacitance of rod antennas of unusual dimensions.

Either of two procedures shall be used: the method of B.2.1, the network analyser, or the method of B.2.2, the signal generator and radio-noise meter method. The same dummy antenna is used in both procedures. See clause B.3 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 versus frequency over the operating range of the antenna, or 9 kHz to 30 MHz, whichever is smaller.

B.2.1 Network analyser procedure

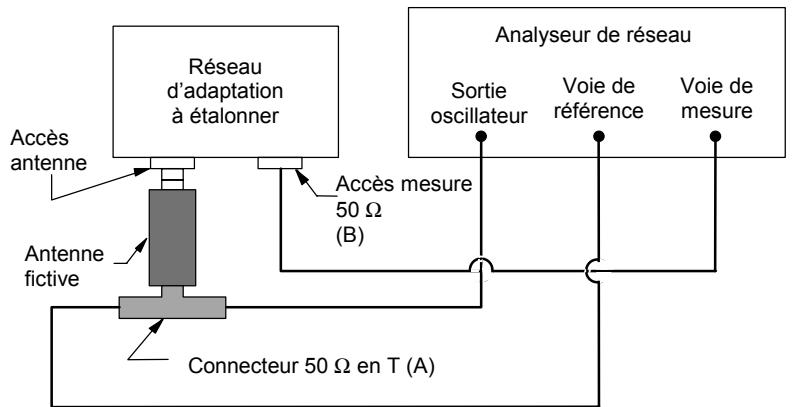
- Calibrate the network analyser with the cables to be used in the measurements.
- Set up the matching network to be characterized and the measuring equipment as shown in figure B.1.
- Subtract the signal level (in dB(μV)) in the test channel from the signal level (in dB(μV)) in the reference channel 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 calibration.

B.2.2 Radio-noise meter and signal generator procedure

- Set up the matching network to be characterized and the measuring equipment as shown in figure B.2.
- With the equipment connected as shown and a 50 Ω termination on the T-connector (A), measure the received signal voltage V_L (in dB(μV)) at the RF port (B).

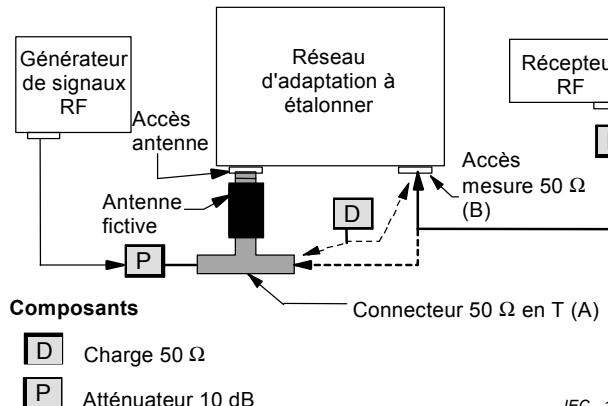
- c) En laissant inchangée la valeur du signal de sortie RF du générateur, déplacer la terminaison 50Ω vers la sortie RF (B) et transférer le câble d'entrée au récepteur au connecteur en T (A). Mesurer la tension du signal de commande V_D (en $\text{dB}(\mu\text{V})$).
- d) Soustraire V_L de V_D puis soustraire C_h (-6 dB pour le fouet de 1 m) afin d'obtenir la valeur (en $\text{dB}(1/\text{m})$) du facteur de l'antenne.



NOTE 1 Placer l'antenne fictive le plus près possible des connexions à l'appareil en essai. Placer le connecteur en T le plus près possible de l'antenne fictive. Utiliser des câbles de même longueur et du même type entre le connecteur en T et l'entrée de la voie de référence, ainsi qu'entre le connecteur en T et la voie de mesure de l'accès mesure 50Ω .

NOTE 2 Aucun atténuateur n'est nécessaire avec l'analyseur de réseau et cela n'est pas recommandé.

Figure B.1 – Méthode utilisant un analyseur de réseau



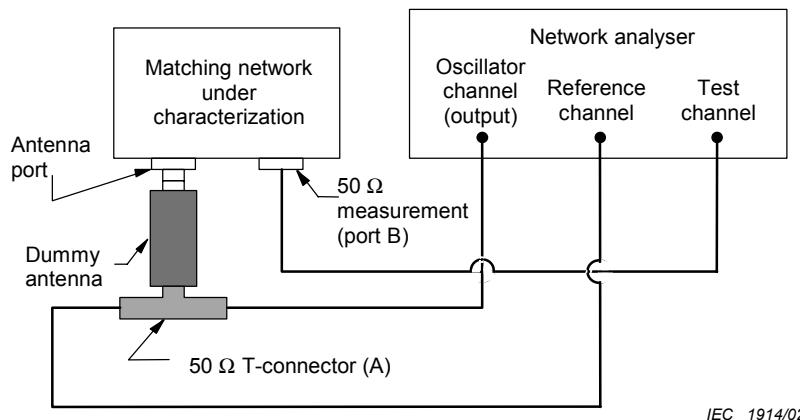
NOTE 1 Placer l'antenne fictive aussi près que possible des connexions de l'appareil en essai. Placer le connecteur en T le plus près possible de l'antenne fictive.

NOTE 2 Si les taux d'ondes stationnaires du récepteur et du générateur de signal sont faibles, il n'est pas nécessaire de prévoir des atténuateurs ou ceux-ci peuvent être réduits à 6 dB ou à 3 dB .

NOTE 3 L'antenne fictive peut contenir d'autres composants d'adaptation pour garantir le taux d'ondes stationnaires à son entrée et le niveau du générateur de signal aux accès mesure.

Figure B.2 – Méthode utilisant un appareil de mesure de bruit RF et un générateur de signal

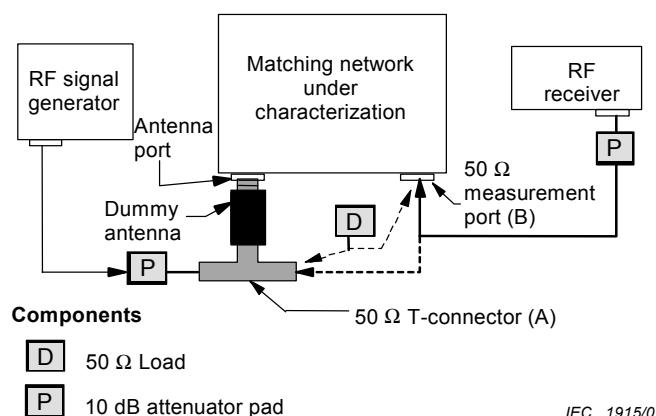
- c) Leaving the RF output of the signal generator unchanged, transfer the 50Ω termination to the RF port (B) and transfer the receiver input cable to the T-connector (A). Measure the drive signal voltage V_D (in dB(μ V)).
- d) Subtract V_L from V_D and subtract C_h (-6 dB for the 1 m rod) to obtain the antenna factor (in dB(1/m)) of the antenna.



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 50Ω measuring port test channel.

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

Figure B.1 – Method using network analyser



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 the 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 at measuring ports.

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

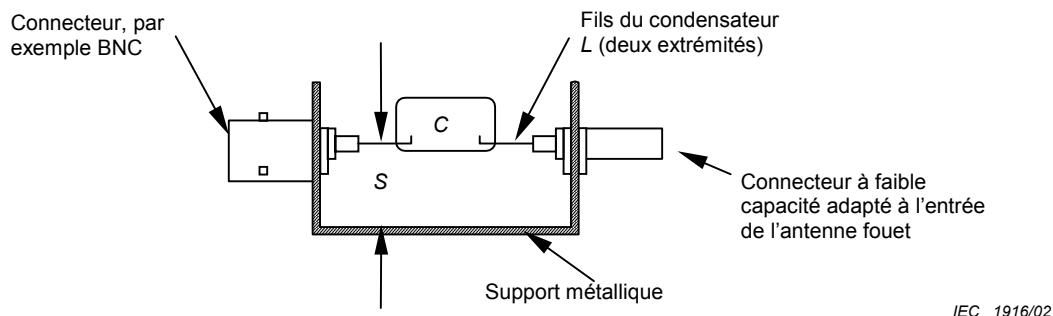
La terminaison 50Ω doit avoir un taux d'onde stationnaire très faible (inférieur à 1,05:1). L'appareil de mesure du bruit RF doit être étalonné et doit avoir un taux d'ondes stationnaires faible (inférieur à 2:1). La sortie du générateur de signal doit avoir une fréquence et une amplitude de sortie stables.

NOTE Le générateur de signal n'a pas besoin d'être étalonné, car il est utilisé comme une référence intermédiaire.

B.3 Considérations sur l'antenne fictive

La capacité utilisée pour l'antenne fictive doit être montée dans un coffret métallique de petites dimensions ou sur un support métallique de petites dimensions. Les connexions doivent être aussi courtes que possible, mais d'une longueur qui ne soit pas supérieure à 8 mm, et distantes de 5 mm à 10 mm des parois métalliques du coffret ou du support. Voir figure B.3.

Le connecteur en T employé dans le montage de mesure du facteur d'antenne peut être rapporté sur le coffret de l'antenne fictive. La résistance d'adaptation au générateur peut aussi être montée dans le coffret de l'antenne fictive.



Composants

C capacité de l'antenne (C_a) calculée à partir de l'équation (B.2), tolérance 5 %, argent mica.

S dégagement des fils, 5 mm à 10 mm (10 mm de toute surface s'il s'agit d'un coffret fermé).

L longueur des fils aussi courte que possible, mais inférieure à 8 mm (longueur totale inférieure à 40 mm, y compris les deux fils du condensateur et la longueur du connecteur d'accès au fouet).

Figure B.3 – Exemple du montage du condensateur pour une antenne fictive

B.4 Application de l'antenne monopole (fouet)

Une antenne fouet monopole est habituellement conçue pour être utilisée avec un plan de masse ou montée sur un plan de masse. Pour obtenir des valeurs de champ correctes, il est recommandé d'observer les instructions ou recommandations du fabricant concernant l'utilisation du plan de masse.

Si l'antenne comporte un élément fouet télescopique, l'élément doit être ajusté à la longueur spécifiée dans le manuel d'instructions du fabricant.

De nombreuses normes de mesure précisent que le plan de masse d'une antenne monopole (fouet) doit être soudé au plan de masse ou au plan de masse du montage. Les exigences de ces normes de mesure doivent être satisfaites.

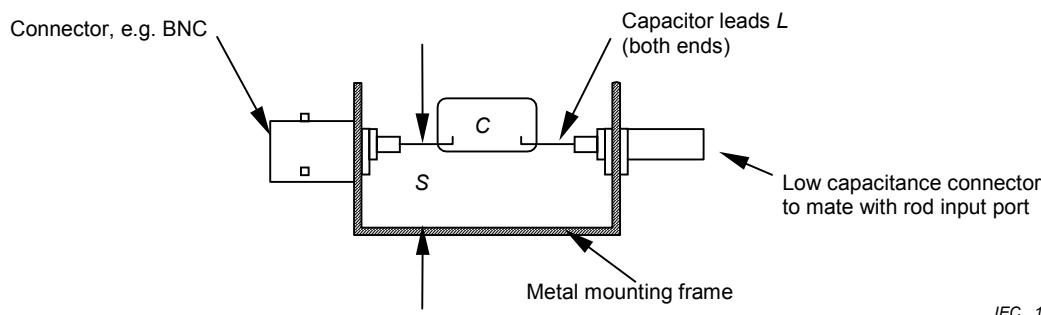
The 50Ω termination shall have a very low standing-wave ratio (SWR) (less than 1,05:1). The radio-noise meter shall be calibrated and have a low SWR (less than 2:1). The output of the signal generator shall be frequency and amplitude stable.

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

B.3 Dummy antenna considerations

The capacitor used as the dummy antenna shall be mounted in a small metal box or on a small metal frame. The leads shall 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.3.

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



IEC 1916/02

Components

- C antenna capacitance (C_a) calculated from equation (B.2), 5 % tolerance, 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.3 – Example of mounting capacitor in dummy antenna

B.4 Application of the monopole (rod) antenna

A monopole rod antenna is typically designed to be used with a counterpoise or to be mounted on a groundplane. To obtain correct field strength values, the manufacturer's instructions or recommendations regarding the use of the counterpoise or groundplane should be followed.

If the antenna uses a telescoping rod element, the element shall be extended to the length specified in the manufacturer's instruction.

Many measurement standards specify that the counterpoise of a monopole (rod) antenna shall be bonded to the groundplane or test bench groundplane. The requirements of the measurement standard shall be met.

B.5 Documents de référence

- [1] 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, p. 28-29.
- [2] GREENE, FM. NBS Field-Strength Standards and Measurements (30 Hz to 1 000 MHz). *Proc. IEEE*, No. 6, June 1967, vol. 55, p. 974-981.
- [3] SCHELKUNOFF, SA. and FRIIS, HT. *Antennas: Theory and Practice*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952, p. 302-331.
- [4] SCHELKUNOFF, SA. Theory of Antennas of Arbitrary Size and Shape. *Proc of the IRE*, Sept. 1941, vol. 29, p. 493-592.
- [5] WOLFF, EA. *Antenna Analysis*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1966, p. 61.
- [6] HALLÉN, E. Theoretical Investigation into the Transmitting and Receiving Qualities of Antennas. *Nova Acta Soc. Sci. Upsaliensis*, Ser. IV, 11, No. 4, 1938, p. 1-44.
- [7] KING, RWP., *Theory of Linear Antennas*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1956, p.16-17, 71, 184 and 487.
- [8] *The Radio Frequency Interference Meter NAVSHIPS 94810*, by The Staff of the Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, 1962, p. 36-38.

B.5 Reference documents

- [1] 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, p. 28-29.
- [2] GREENE, FM. NBS Field-Strength Standards and Measurements (30 Hz to 1000 MHz). *Proc. IEEE*, No. 6, June 1967, vol. 55, p. 974-981.
- [3] SCHELKUNOFF, SA. and FRIIS, HT. *Antennas: Theory and Practice*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952, p. 302-331.
- [4] SCHELKUNOFF, SA. Theory of Antennas of Arbitrary Size and Shape. *Proc of the IRE*, Sept. 1941, vol. 29, p. 493-592.
- [5] WOLFF, EA. *Antenna Analysis*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1966, p. 61.
- [6] HALLÉN, E. Theoretical Investigation into the Transmitting and Receiving Qualities of Antennas. *Nova Acta Soc. Sci. Upsaliensis*, Ser. IV, 11, No. 4, 1938, p. 1-44.
- [7] KING, RWP., *Theory of Linear Antennas*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1956, p.16-17, 71, 184 and 487.
- [8] *The Radio Frequency Interference Meter NAVSHIPS 94810*, by The Staff of the Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, 1962, p. 36-38.

Annexe C (normative)

Système d'antennes cadres pour la mesure des courants induits par des champs magnétiques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz

C.1 Introduction

La présente annexe contient des renseignements et données relatifs au système d'antennes cadres pour mesurer le courant induit dans ce système par le champ magnétique émis par un seul appareil en essai placé en son centre, dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 30 MHz. Le paragraphe 4.7 de la présente publication et la CISPR 16-2-3 traitent de ce système d'antennes cadres.

Cette annexe décrit la construction du système et la méthode à suivre pour valider les antennes qui le constituent. On donne des facteurs de conversion permettant d'établir la relation entre les données relatives au courant induit par le champ magnétique et les données du champ magnétique que l'on aurait obtenu si l'on avait effectué les mesures sur le même appareil en essai en utilisant une seule antenne cadre, placé à une distance déterminée de cet appareil.

C.2 Construction du système d'antennes cadres

Le système (voir figure C.1) est constitué de trois antennes de grand diamètre occupant des plans mutuellement perpendiculaires, décrits à l'article C.3, montés sur un support non métallique.

Le câble coaxial de 50Ω qui relie la sonde de courant de l'une de ces antennes au commutateur coaxial d'une part, et ce commutateur à l'appareil de mesure d'autre part, doit présenter une impédance de transfert inférieure à $10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ à 100 kHz, et à $1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ à 10 MHz. Un câble coaxial à double tresse RG 223/U, par exemple, répond à cette exigence.

Tous les connecteurs doivent présenter une impédance de transfert comparable à celle du câble coaxial. Cette condition est remplie si l'on utilise, par exemple, des connecteurs type BNC de bonne qualité à bague de verrouillage (voir CEI 60169-8*).

Tous les câbles doivent être munis d'absorbeurs en ferrite (F à la figure C.1) constituant une résistance série en mode commun $R_S > 100 \Omega$ à 10 MHz. Cette condition est remplie si le tore de ferrite est constitué, par exemple, de douze bagues type 3E1 de Ferroxcube (dimensions minimales en millimètres: 29/19/7,5).

C.3 Construction de l'antenne cadre de grand diamètre

Chacune des antennes du système est constituée d'un câble coaxial dont l'impédance de transfert est égale à celle spécifiée en C.2. De plus, la résistance de l'âme de l'antenne doit être suffisamment faible (voir note 1). Ces deux conditions sont remplies si l'on utilise, par exemple, un câble coaxial à double tresse RG 223/U.

* CEI 60169-8:1978, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 8: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du condenseur extérieur de 6,5 mm (0,256 in) à verrouillage à baïonnette – Impédance caractéristique 50 ohms (type BNC)*.

Annex C (normative)

Loop antenna system for magnetic field induced current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz

C.1 Introduction

This annex sets forth information and data concerning the loop antenna system (LAS) to measure the current induced in the LAS by the magnetic field emitted by a single EUT, positioned in the centre of the LAS, in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz. Subclause 4.7 of this publication and CISPR 16-2-3 refer to this LAS.

A description of the LAS is given, as well as the method of validation of the antennas of the LAS. Conversion factors are given to relate magnetic field induced current data to magnetic field data which would have been obtained when the same EUT was measured using a single-loop magnetic field antenna positioned at a specified distance from that EUT.

C.2 Construction of the loop antenna system (LAS)

The LAS, figure C.1, consists of three mutually perpendicular large-loop antennas (LLAs), described in clause C.3. The entire LAS is supported by a non-metallic base.

A 50Ω coaxial cable between the current probe of an LLA and the coaxial switch, and between this switch and the measuring equipment, shall have a surface transfer impedance smaller than $10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ at 100 kHz and $1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ at 10 MHz. This requirement is met when using, for example, double-braided shield RG 223/U coaxial cable.

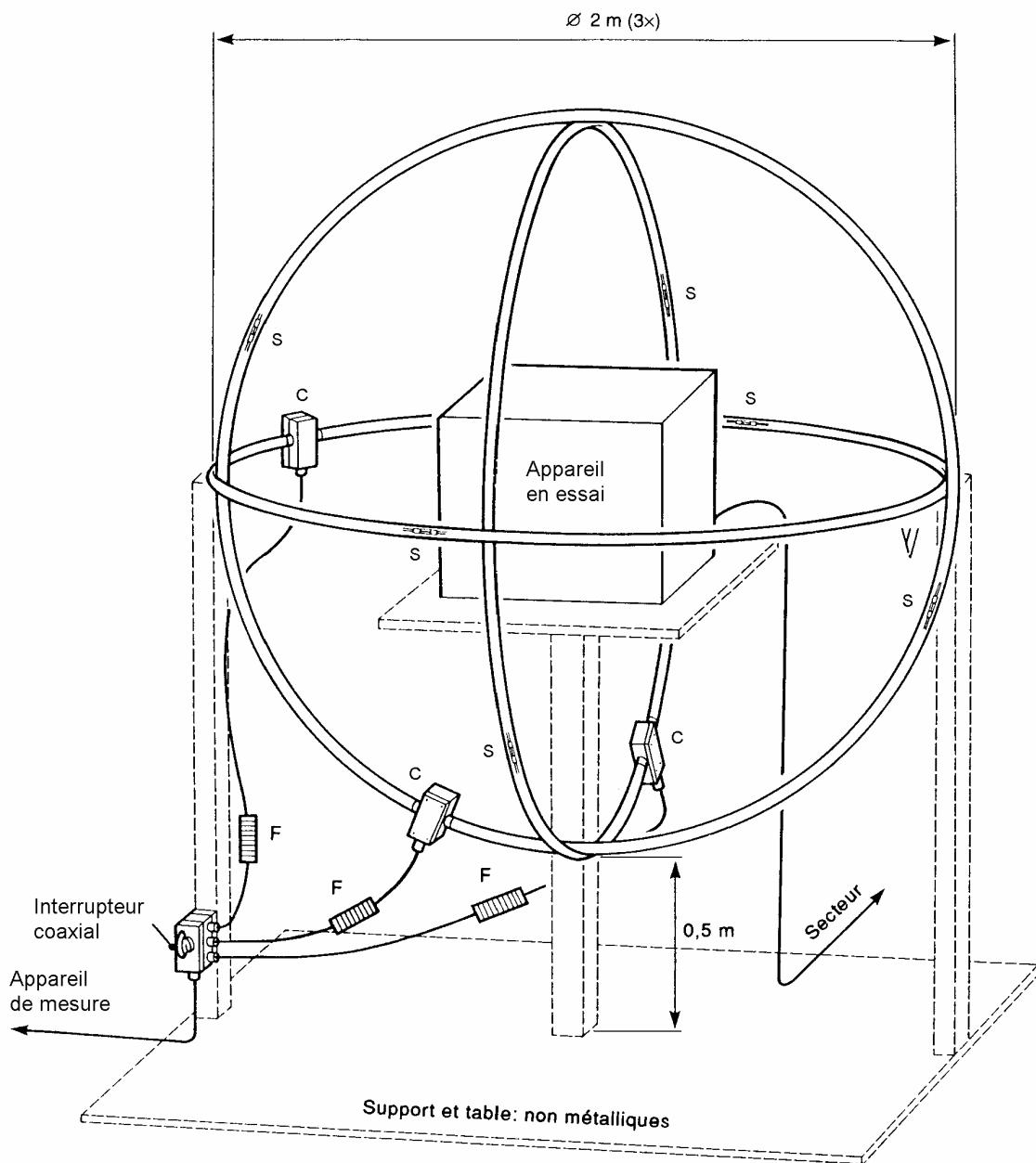
All connectors shall have a surface transfer impedance comparable with that of the coaxial cable. This requirement is met, for example, when using good quality BNC collet-lock type connectors (see IEC 60169-8*).

All cables shall be equipped with ferrite absorbers, F in figure C.1, providing a common-mode series resistance of $R_s > 100 \Omega$ at 10 MHz. This requirement is met when constructing the ferrite toroid from, for example, 12 rings of type 3E1 from Ferroxcube (minimum size in millimetres: 29 O.D. \times 19 I.D. \times 7,5 Ht).

C.3 Construction of a large-loop antenna (LLA)

A large-loop antenna (LLA) of the LAS is constructed from coaxial cable of which the surface transfer impedance has been specified in clause C.2. In addition, the resistance of the inner conductor of the LLA shall be sufficiently low (see note 1). Both requirements are met, for example, when using double-braided shield RG 223/U coaxial cable.

* IEC 60169-8:1978, *Radio-frequency connectors – Part 8: RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock – Characteristic impedance 50 ohms (Type BNC)*.



IEC 1 004/97

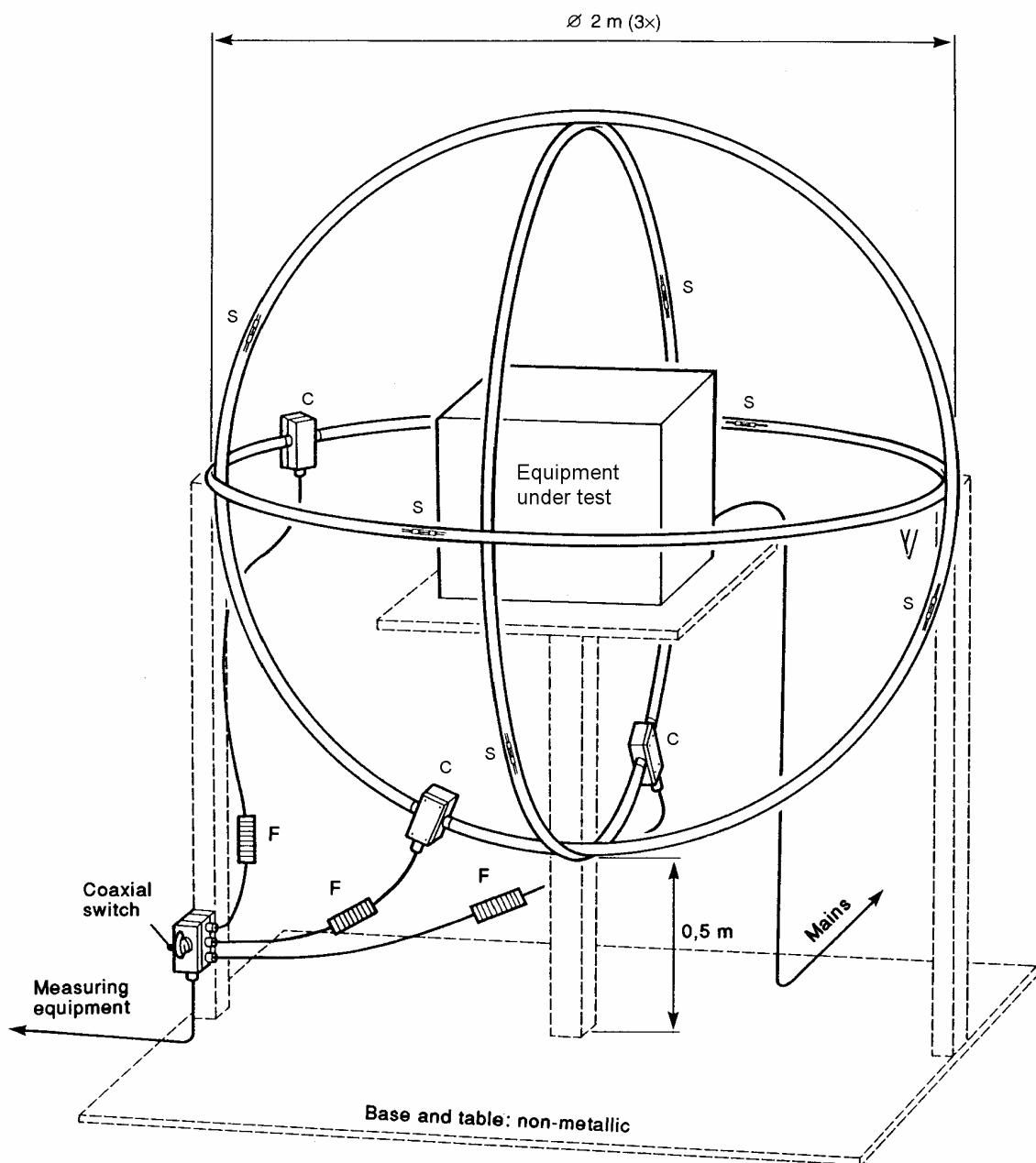
S = fente de l'antenne

C = sonde de courant

F = absorbeur en ferrite

Figure C.1 – Système d'antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre, occupant des plans mutuellement perpendiculaires

Dans l'exemple illustré à la figure C.2, pour maintenir la forme circulaire de l'antenne et pour protéger les fentes, le câble est introduit dans un tube non métallique à paroi fine, de diamètre intérieur d'environ 25 mm. On peut également employer d'autres constructions non métalliques remplissant les mêmes fonctions.



IEC 1 004/97

S = antenna slit

C = current probe

F = ferrite absorber

Figure C.1 – The loop-antenna system, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas

To keep the loop in its circular shape and to protect the slit construction, as in the example of figure C.2, the cable is inserted in a thin walled non-metallic tube with inner diameter of approximately 25 mm. Other non-metallic constructions serving the same purposes may be used.

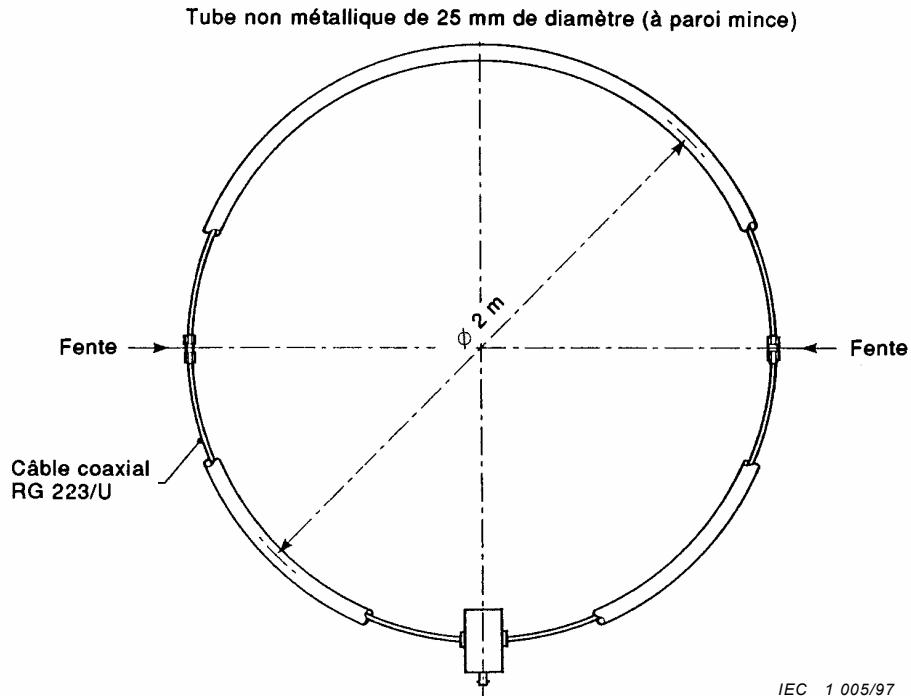


Figure C.2 – Une antenne de grand diamètre, comportant deux fentes diamétralement opposées, placées à égale distance de la sonde de courant C

Le diamètre D normalisé de l'antenne est fixé à 2 m. Si nécessaire, notamment dans le cas d'un appareil de grandes dimensions, on peut augmenter la valeur de D . Toutefois, dans la gamme de fréquences jusqu'à 30 MHz, le diamètre maximal admissible est $D = 4$ m. Au-delà de cette valeur, les résonances de la réponse de l'antenne cadre à l'extrémité haute fréquence de la gamme de mesure ne sont plus reproductibles.

Il convient de noter que l'augmentation du diamètre D s'accompagne d'une augmentation proportionnelle de la sensibilité de l'antenne au bruit ambiant, et d'une réduction de la sensibilité aux signaux utiles proportionnelle à D^2 .

Une antenne cadre comporte deux fentes diamétralement opposées, équidistantes de la sonde de courant de celle-ci (voir figure C.2). La largeur de ces fentes, ménagées dans le conducteur extérieur du câble d'antenne coaxial (figure C.3), doit être inférieure à 7 mm. La fente est shuntée par deux paires parallèles de résistances de 100Ω montées en série. Le centre de chacun de ces shunts est relié à l'âme du câble coaxial.

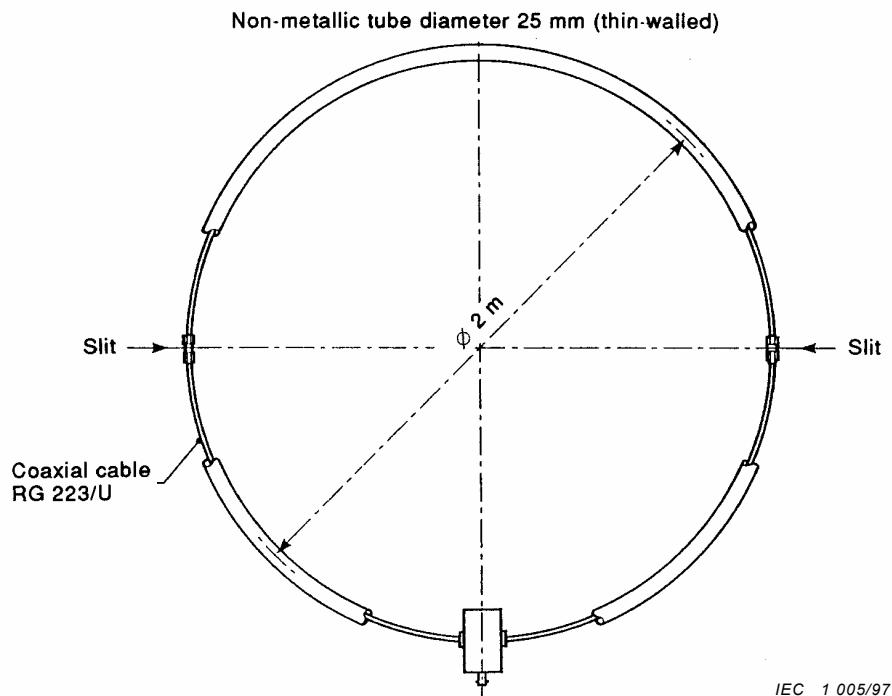


Figure C.2 – A large-loop antenna containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C

The loop diameter has been standardized to be $D = 2\text{ m}$. If necessary, e.g. the case of large EUT, D may be increased. However, in the frequency range up to 30 MHz the maximum allowable diameter is 4 m. Further increase of the diameter would result in non-reproducible resonances of the LAS response at the high-frequency end of the measuring range.

It should be noted that by increasing the diameter, its sensitivity to ambient noise increases proportionally to the diameter, and its sensitivity to wanted signals is inversely proportional with the diameter squared.

An LLA contains two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe of the LLA (see figure C.2). Such a slit, made in the outer conductor of the coaxial antenna cable as shown in figure C.3, shall have a width of less than 7 mm. The slit is bridged by two parallel sets of $100\ \Omega$ resistors in series. The centre of each series circuit is connected to the inner conductor of the coaxial antenna cable.

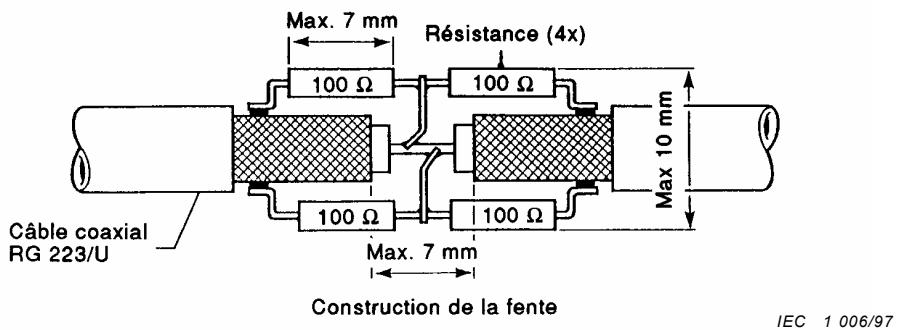


Figure C.3 – Construction de la fente d'une antenne

De part et d'autre de la fente, le conducteur extérieur du câble coaxial peut être soudé à une plaque de circuit imprimé comportant deux rectangles de cuivre, séparés d'au moins 5 mm, assurant la rigidité de la fente (voir figure C.4).

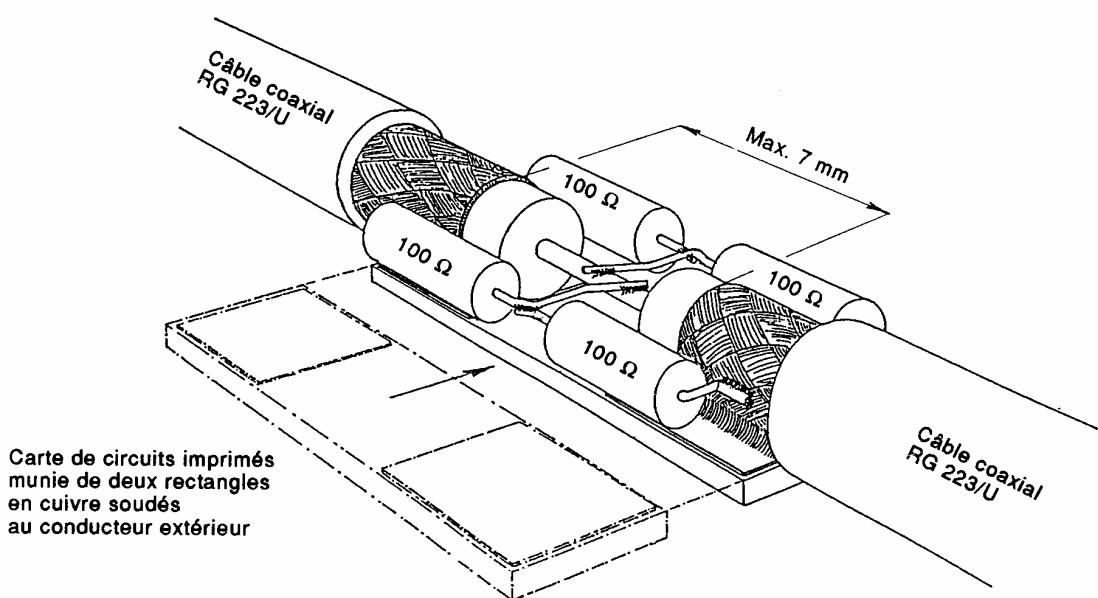


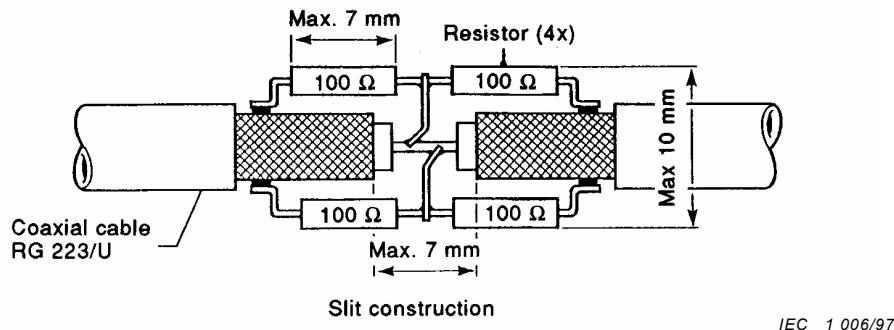
Figure C.4 – Exemple de construction de fente dont la rigidité est assurée par une plaque de circuit imprimé

La sonde de courant placée autour de l'âme du câble d'antenne coaxial doit avoir une sensibilité de 1 V/A dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. L'affaiblissement d'insertion de la sonde de courant doit être suffisamment faible (voir note 1).

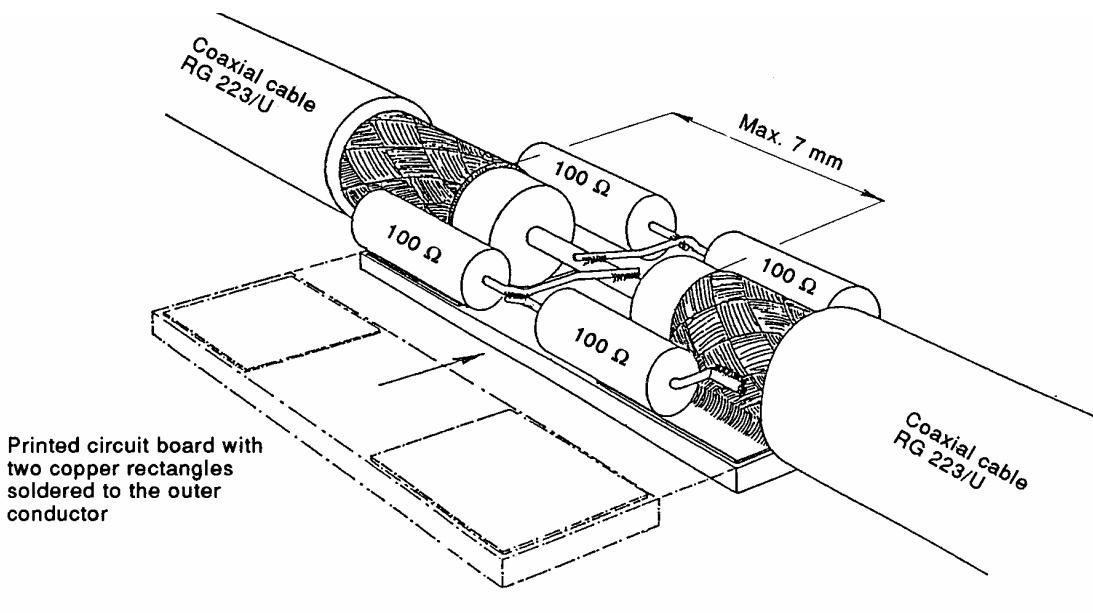
Le conducteur extérieur de ce câble doit être soudé au boîtier métallique qui renferme la sonde de courant (voir figure C.5). Les dimensions maximales de ce boîtier sont les suivantes: largeur 80 mm, longueur 120 mm, hauteur 80 mm.

NOTE 1 Pour que la courbe de réponse de l'antenne soit plate à l'extrême inférieure de la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz, il convient que l'affaiblissement d'insertion R_c de la sonde de courant soit très inférieur à $2\pi f L_c$ à $f = 9$ kHz, où L_c représente l'inductance de la sonde de courant. De plus, $(R_c + R_i) \ll X_i = 2\pi f L$ à 9 kHz, où R_i est la résistance de l'âme du câble de l'antenne cadre et L l'inductance de l'antenne cadre. Cette inductance est d'environ 1,5 μ H/m de circonférence, on obtient donc pour l'antenne cadre normalisée $X_i \approx 0,5 \Omega$ à $f = 9$ kHz.

NOTE 2 Pour éviter les couplages capacitifs indésirables entre l'appareil en essai et le système d'antennes cadres, la distance entre cet appareil et l'une ou l'autre des antennes doit être d'au moins 0,10 fois le diamètre de l'antenne. Il faut prêter une attention particulière à la disposition des câbles de l'appareil en essai. Il convient que les câbles cheminent ensemble et sortent du volume de la boucle dans le même octant de la cellule, et à une distance supérieure à 0,4 m de chacune des antennes cadres (voir figure C.6).

**Figure C.3 – Construction of the antenna slit**

At each side of the slit the outer conductor of the coaxial antenna cable may be bonded to a strap of printed circuit board material with two copper rectangles, separated by at least 5 mm, in order to obtain a rigid slit construction (see figure C.4).

**Figure C.4 – Example of antenna-slit construction using a strap of printed circuit board to obtain a rigid construction**

The current probe around the inner conductor of the coaxial antenna-cable shall have a sensitivity of 1 V/A over the frequency range of 9 kHz to 30 MHz. The insertion loss of the current probe shall be sufficiently low (see note 1).

The outer conductor of that cable shall be bonded to the metal box containing the current probe (see figure C.5). The maximum dimensions of this box are the following: width 80 mm, length 120 mm and height 80 mm.

NOTE 1 To obtain a flat frequency response of the LLA at the lower end of the frequency range of 9 kHz to 30 MHz, the insertion loss R_c , of the current probe should be much smaller than $2 \pi f L_c$ at $f = 9$ kHz, where L_c represents the inductance of the current probe. In addition, $(R_c + R_i) \ll X_l = 2 \pi f L$ at 9 kHz, where R_i is the resistance of the inner conductor of the loop and L is the loop inductance. This inductance is about 1,5 $\mu\text{H}/\text{m}$ of circumference. Hence for the standardized LLA, $X_l \approx 0,5 \Omega$ at $f = 9$ kHz.

NOTE 2 To avoid unwanted capacitive coupling between the EUT and the LAS, the distance between the EUT and components of the LLA shall be at least 0,10 times the loop diameter. Particular attention must be paid to the leads of an EUT. Cables should be routed together and leave the loop volume in the same octant of the cell, no closer than 0,4 m to any of the LAS loops (see figure C.6).

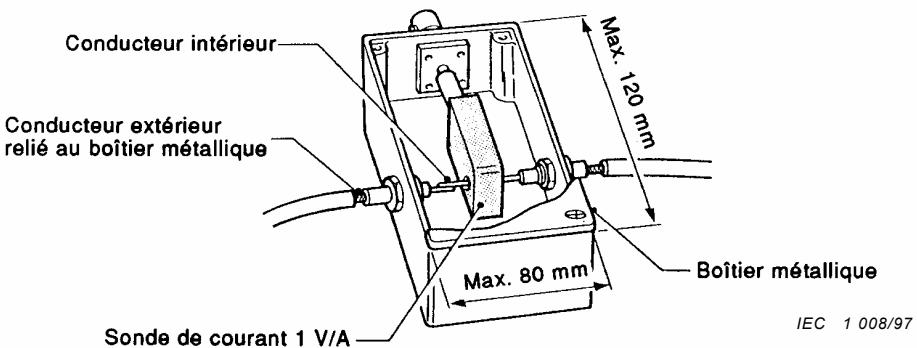


Figure C.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant

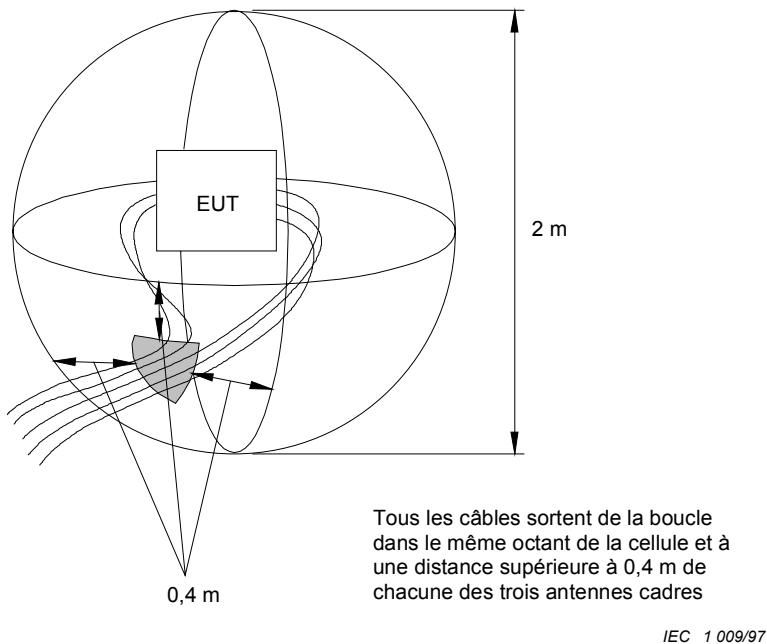


Figure C.6 – Exemple montrant le cheminement de plusieurs câbles de l'appareil en essai afin de s'assurer qu'il n'y a pas de couplage capacitif entre ces câbles et les antennes cadres

C.4 Validation d'une antenne cadre de grand diamètre

La validation d'une antenne cadre de grand diamètre du système s'effectue par mesure du courant induit dans cette antenne par un dipôle symétrique/dissymétrique (voir article C.5), relié à un générateur RF de 50Ω . Le champ magnétique émis par ce dipôle permet de vérifier la sensibilité de l'antenne au champ magnétique. Le champ électrique émis par ce même dipôle permet de vérifier si la sensibilité de l'antenne au champ électrique est suffisamment faible.

Le courant induit doit être mesuré en fonction de la fréquence dans la gamme de 9 kHz à 30 MHz pour les huit positions du dipôle, illustrées à la figure C.7. Pendant cette mesure, le dipôle se trouve dans le plan de l'antenne en essai.

Pour chacune des huit positions, le rapport (exprimé en $\text{dB}(\Omega) = 20 \lg (R_1/R_2)$) de la tension en circuit ouvert du générateur RF au courant mesuré ne doit pas s'écartez de plus de $\pm 2 \text{ dB}$ du facteur de validation indiqué à la figure C.8.

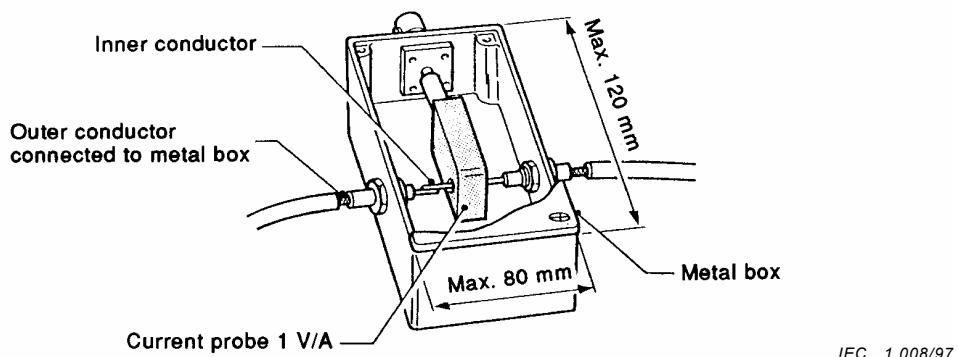


Figure C.5 – Construction for the metal box containing the current probe

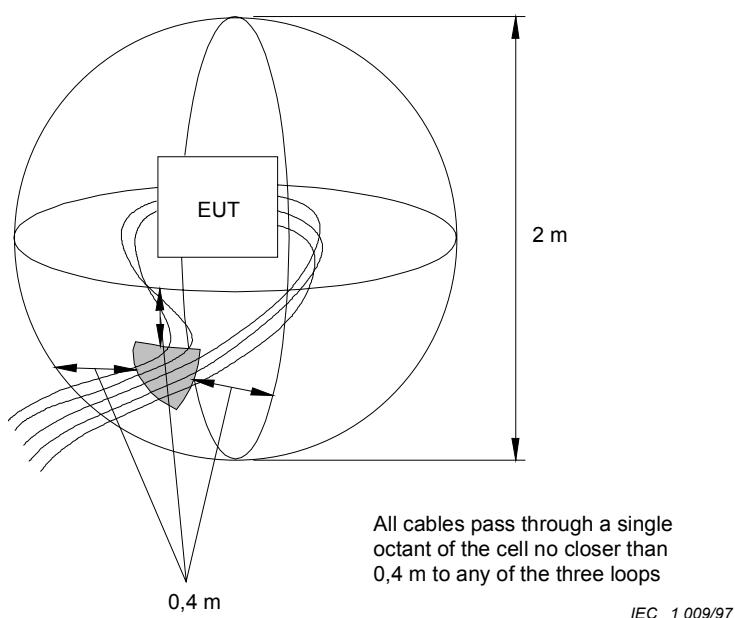


Figure C.6 – Example showing the routing of several cables from an EUT to ensure that there is no capacitive coupling from the leads to the loop

C.4 Validation of a large-loop antenna (LLA)

The validation and calibration of a large-loop antenna (LLA) of the loop antenna system is carried out by measuring the current induced in the LLA by the balun-dipole connected to a 50Ω RF generator, described in clause C.5. The magnetic field emitted by that dipole allows verification of the magnetic field sensitivity of the LLA. The electric field emitted by the balun-dipole shows that the electric field sensitivity of the LLA is sufficiently low.

The induced current shall be measured as a function of frequency in the range of 9 kHz to 30 MHz at the 8 positions of the balun-dipole in figure C.7. During this measurement the balun dipole is in the plane of the LLA under test.

In each of the eight positions, the ratio [expressed in $\text{dB}(\Omega) = 20 \log (R_1/R_2)$] of the open circuit voltage of the RF generator and the measured current shall not deviate more than ± 2 dB from the validation factor given in figure C.8.

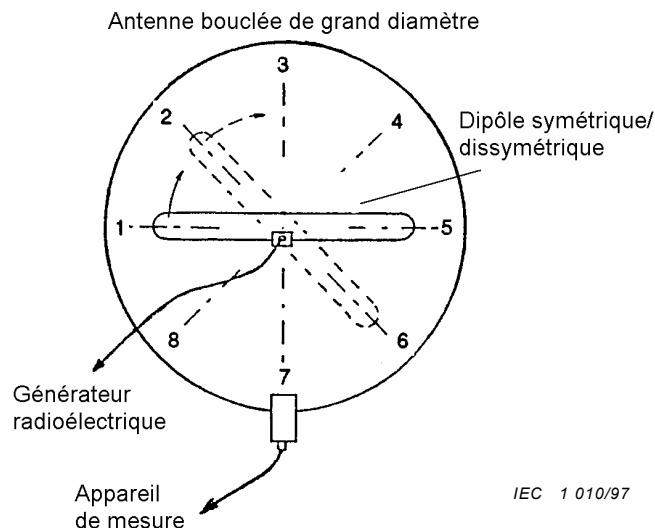


Figure C.7 – Les huit positions du dipôle symétrique/dissymétrique pendant la validation de l'antenne de grand diamètre

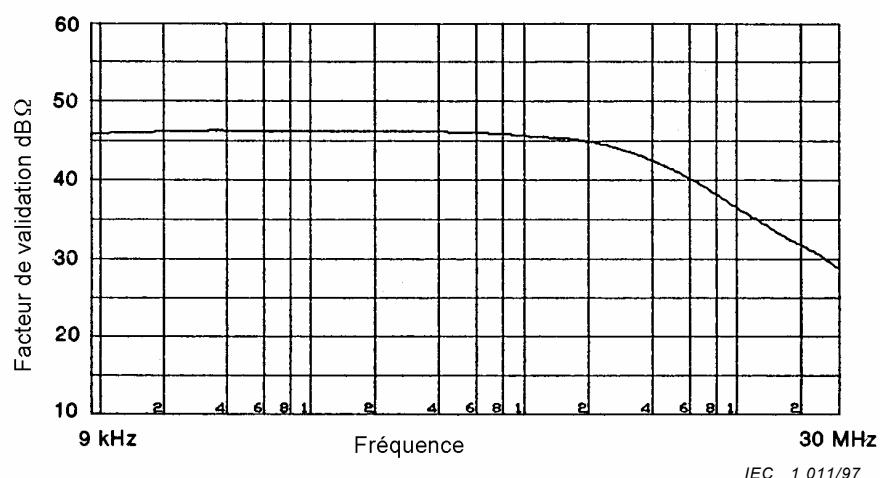


Figure C.8 – Facteur de validation d'une antenne cadre de 2 m de diamètre

Le facteur de validation indiqué à la figure C.8 s'applique à une antenne circulaire de diamètre normalisé $D = 2$ m. Si ce diamètre est différent, le facteur de validation peut être calculé d'après les figures C.8 et C.11 (article C.6).

C.5 Construction du dipôle symétrique/dissymétrique

Le dipôle symétrique/dissymétrique (figure C.9), est conçu pour émettre en même temps un champ magnétique que doit mesurer l'antenne, et un champ électrique qu'elle doit rejeter.

Le dipôle est constitué d'un câble coaxial RG 223/U. Sa largeur W est de 150 cm et sa hauteur H de 10 cm (distance mesurée de centre à centre du câble), comme illustré à la figure C.9.

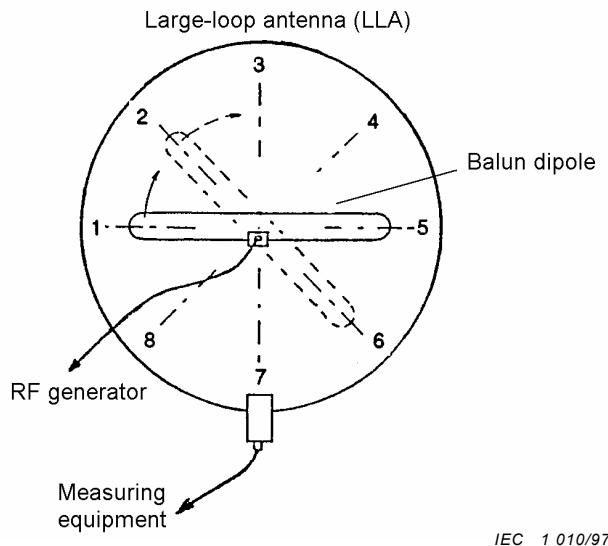


Figure C.7 – The eight positions of the balun-dipole during validation of the large-loop antenna

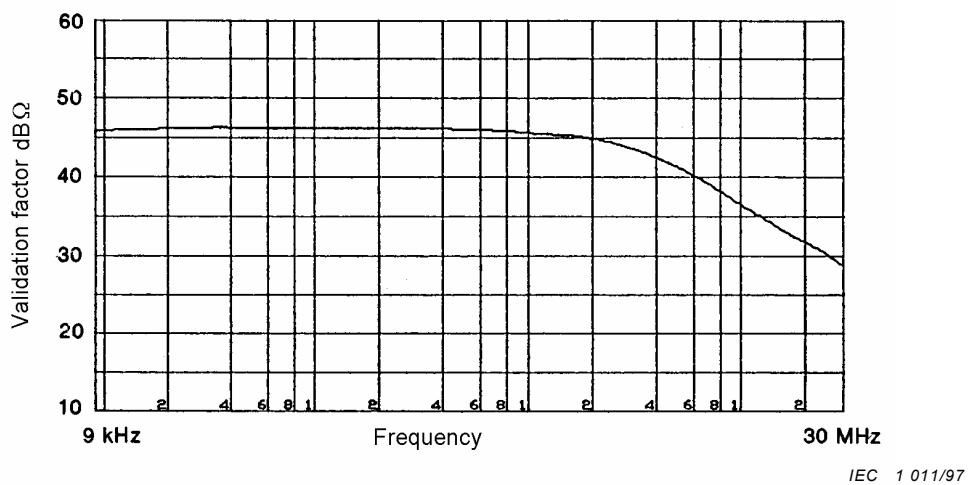


Figure C.8 – The validation factor for a large loop-antenna of 2 m diameter

The validation factor given in figure C.8 is valid for a circular LLA with a standardized diameter $D = 2$ m. If the diameter of a circular LLA differs from $D = 2$ m, the validation factor for the non-standardized LLA can be derived from the data given in figures C.8 and C.11 (clause C.6).

C.5 Construction of the balun-dipole

The balun-dipole, figure C.9, has been designed to emit simultaneously a magnetic field, which should be measured by the LLA, and an electric field, which should be rejected by the LLA.

The balun-dipole is constructed from RG 223/U coaxial cable. It has a width $W = 150$ cm and a height $H = 10$ cm (cable centre to cable centre distances), as depicted in figure C.9.

Une fente ménagée dans le conducteur extérieur du câble coaxial divise le dipôle en deux moitiés. L'une d'elles, la moitié de droite sur la figure C.9, est court-circuitée à proximité de la fente ainsi qu'à proximité du connecteur. On entend par là que le conducteur extérieur et l'âme sont soudés l'un à l'autre. Cette moitié est reliée à la masse de référence du connecteur de type BNC. L'âme du câble coaxial qui forme la moitié de gauche du dipôle illustré à la figure C.9 est reliée à la broche centrale du connecteur, et son conducteur extérieur à la masse de référence de ce connecteur.

Un petit boîtier métallique assure le blindage des connexions au voisinage du connecteur du dipôle. Le conducteur extérieur des deux moitiés du câble coaxial est soudé à ce boîtier, de même que la masse de référence du connecteur BNC.

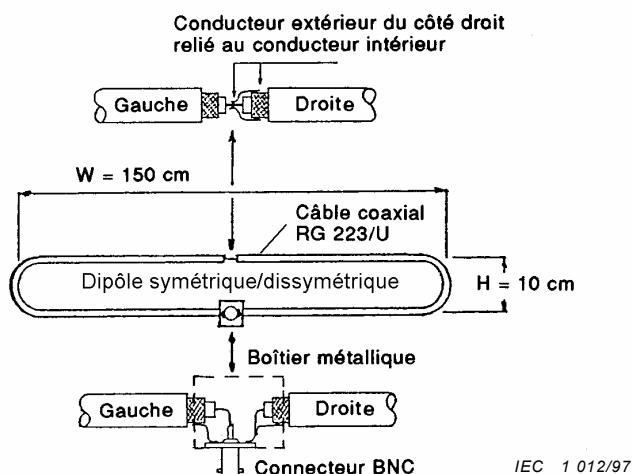
Pour la rigidité de l'ensemble, le dipôle est monté sur un support non métallique.

C.6 Facteurs de conversion

Le présent article traite du facteur qui permet de convertir le courant I induit dans une antenne de grand diamètre par l'appareil en essai en un champ magnétique de valeur H , à une distance spécifiée de l'appareil (voir figure C.10). Il traite en outre du facteur qui permet de convertir le courant mesuré dans une antenne cadre de diamètre non normalisé, en un courant comparable à celui qui aurait pu être mesuré à l'aide d'une antenne cadre de diamètre normalisé $D = 2$ m (voir figure C.11).

Le facteur de conversion indiqué à la figure C.10 s'applique à une source de champ magnétique placée au centre de l'antenne, et dont le moment dipolaire est perpendiculaire au plan de cette antenne. Il convient de noter que, pour les antennes cadres spécifiées en 4.2, l'antenne est toujours placée dans un plan vertical, et que l'appareil en essai peut pivoter uniquement sur son axe vertical. Dans ce cas, donc, seuls peuvent être mesurés les moments dipolaires horizontaux, autrement dit les moments parallèles au plan du sol. Par conséquent, dans le cas d'un moment dipolaire vertical, le facteur de conversion ne peut être utilisé pour comparer les résultats produits par les deux méthodes de mesure. Ce facteur peut toutefois être utilisé lorsque, si l'on applique la méthode de mesure du champ magnétique, l'antenne est placée sur un plan horizontal, ou lorsque, avec cette méthode, on incline l'appareil en essai sur 90° , de sorte que le moment dipolaire vertical correspondant devient horizontal.

Si la position réelle d'une source de perturbations à l'intérieur d'un appareil en essai se trouve à moins de 0,5 m du centre du système d'antennes normalisées, les résultats de mesure s'écartent de moins de 3 dB de ceux obtenus lorsque cette source est centrée.



IEC 1 012/97

Figure C.9 – Construction du dipôle symétrique/dissymétrique

A slit in the outer conductor of the coaxial cable divides the dipole in two halves. One half of this dipole, the right-hand half in figure C.9, is short-circuited near the slit as well as near the connector. Short-circuited means that the inner and outer conductors of the coaxial cable are electrically bonded together. This half is connected to the reference-ground of the BNC connector. The inner conductor of the coaxial cable, forming the left-hand half of the dipole in figure C.9, is connected to the centre-pin of the BNC connector and its outer conductor to the reference ground of that BNC connector.

A small metal box is used to screen the connections near the dipole connector. The outer conductor of the two halves of the coaxial dipole cable are bonded to this box, as is the reference ground of the BNC connector.

To obtain a rigid construction the dipole is supported by a non-conductive base.

C.6 Conversion factors

This clause deals with the factor which converts the current (I) induced in the LLA by the EUT into a magnetic field strength H at a specified distance from the EUT (see figure C.10). It also deals with the factor which converts the current measured in an LLA with a non-standardized diameter to a current which would have been measured using an LLA with the standardized diameter of $D = 2$ m (see figure C.11).

The conversion factor in figure C.10 applies to a source of magnetic field positioned in the centre of the LLA with its dipole moment perpendicular to the plane of that LLA. It should be noted that with the loop antennas specified in 4.2, the loop antenna is always positioned in a vertical plane and the EUT is only rotated around its vertical axis. Hence, in that case only the horizontal dipole moments, i.e. the dipole moments parallel to the ground plane, are measured. Consequently, in the case of a vertical dipole moment the conversion factor cannot be used to compare results of both measuring methods. However, the factor can be used when in the magnetic field measuring method the loop antenna would be positioned in a horizontal plane, or when in that method the EUT would be tilted through 90°, so that the relevant vertical dipole moment is changed into a horizontal one.

If the actual position of a disturbance source inside an EUT is at a distance less than 0,5 m from the centre of the standardized LAS, the measuring results differ by less than 3 dB from those with that source in the centre.

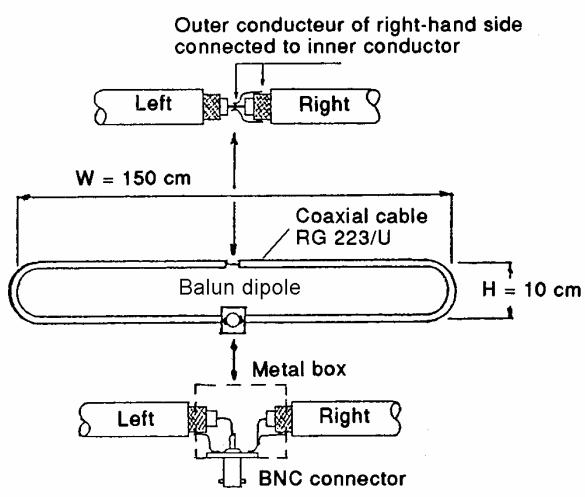


Figure C.9 – Construction of the balun-dipole

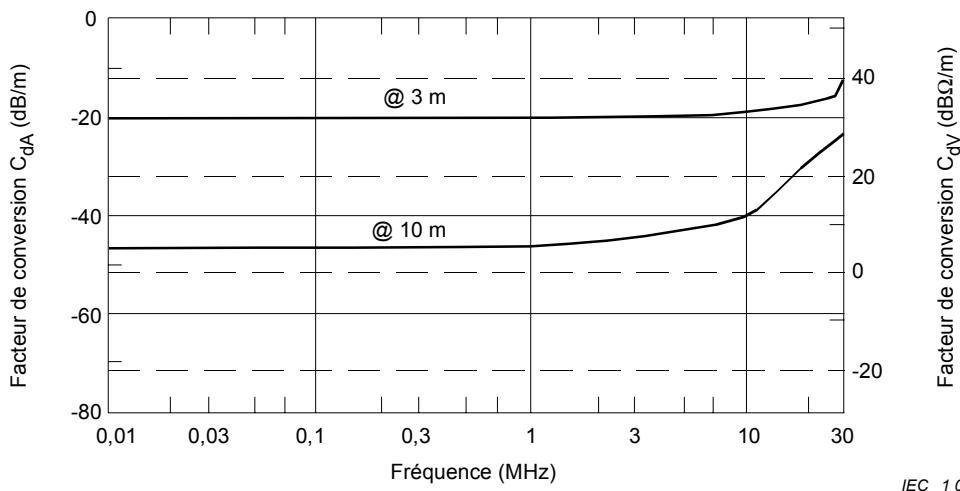


Figure C.10 – Facteurs de conversion C_{dA} (pour la conversion en dB ($\mu\text{A}/\text{m}$)) et C_{dV} (pour la conversion en dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)) pour les deux distances de mesure normalisées d

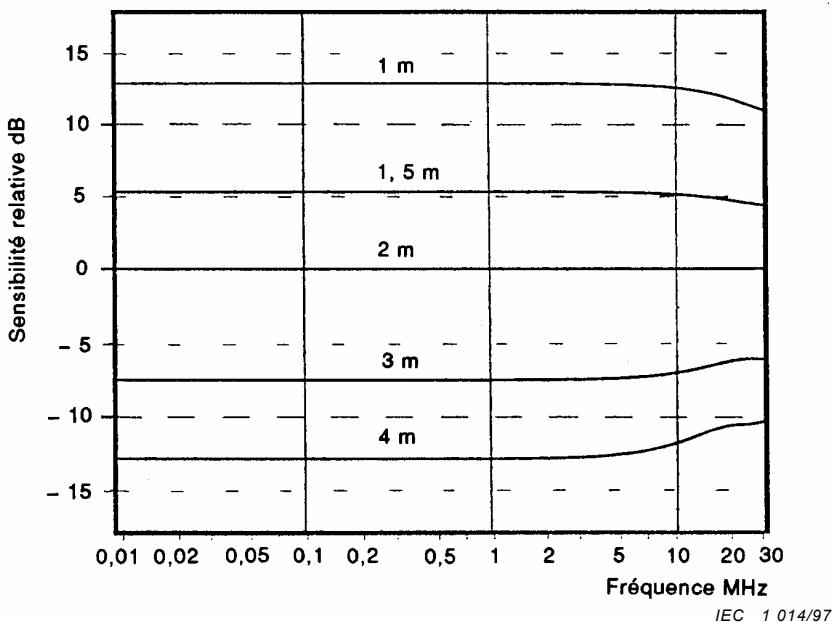


Figure C.11 – Sensibilité S_D d'une antenne cadre de diamètre D par rapport à une antenne cadre de 2 m de diamètre

La relation entre l'intensité du champ magnétique H en dB($\mu\text{A}/\text{m}$), mesurée à une distance d , et le courant I en (dB μA) mesuré à l'aide du système d'antennes cadres, s'écrit:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

où C_{dA} est le facteur de conversion courant-champ pour une distance d déterminée, lorsque H est exprimée en dB ($\mu\text{A}/\text{m}$) (voir aussi la note qui suit l'équation suivante).

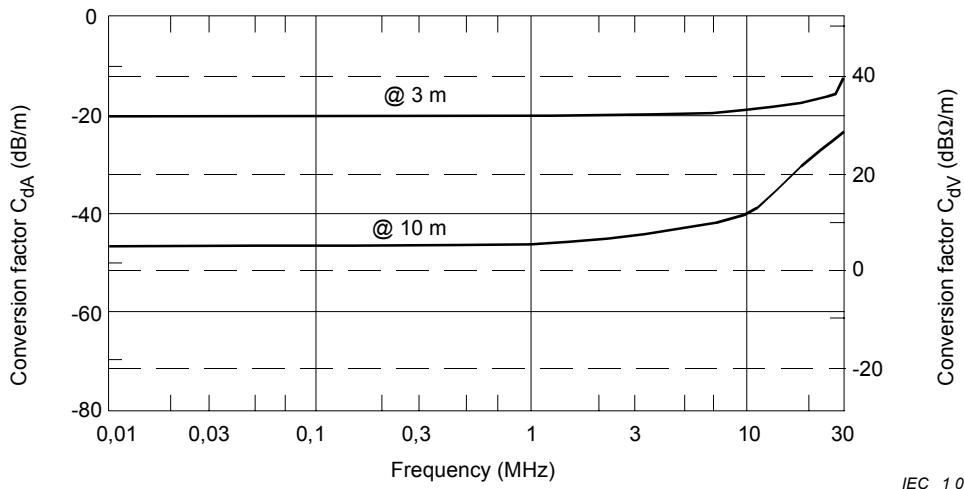


Figure C.10 – Conversion factors C_{dA} (for conversion into dB ($\mu\text{A}/\text{m}$)) and C_{dV} (for conversion into dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)) for two standardized measuring distances d

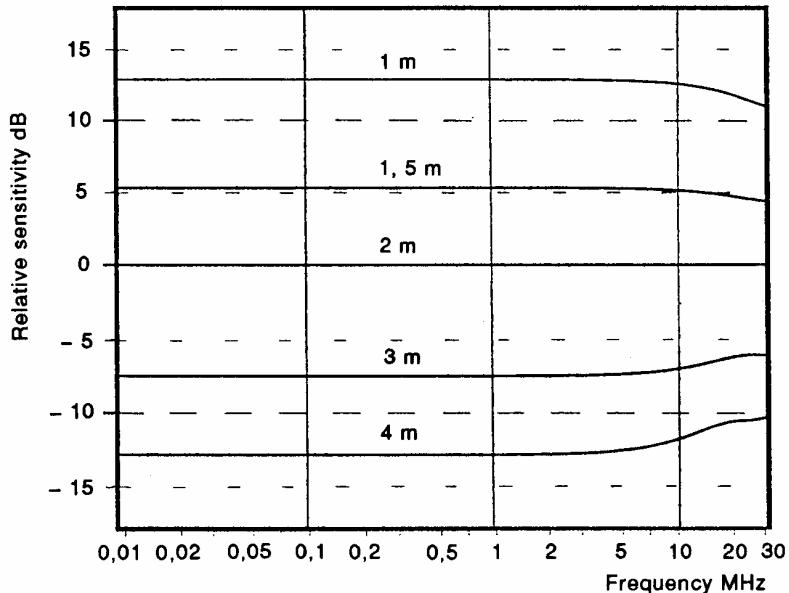


Figure C.11 – Sensitivity S_D of a large-loop antenna with diameter D relative to a large-loop antenna having a diameter of 2 m

The relation between the magnetic field strength H in dB($\mu\text{A}/\text{m}$) measured at a distance d and the current I in dB(μA) is:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

where C_{dA} is the current-to-field conversion factor for a certain distance d when expressing H in dB($\mu\text{A}/\text{m}$) see also the note after the following equation.

En général, le facteur de conversion dépend de la fréquence: la figure C.10 présente C_{dA} pour les distances normalisées de 3 m et 10 m. En ce qui concerne la distance normalisée $d = 30$ m, le facteur de conversion est à l'étude.

Le rapport S_D , en décibels, du courant mesuré dans une antenne de diamètre D en mètres au courant théoriquement mesuré à l'aide d'une antenne de diamètre normalisé $D = 2$ m est donné à la figure C.11 pour plusieurs valeurs de D . Si l'on utilise ce rapport, l'équation précédente peut également s'écrire:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] - S_D (\text{dB}) + C_{dA} (\text{dB}\text{m}^{-1})$$

NOTE Pour le calcul des perturbations, le CISPR a décidé d'exprimer l'intensité du champ magnétique H en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ plutôt qu'en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. De ce fait, la relation entre H exprimée en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ et H exprimée en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ s'écrit alors sous la forme:

$$H [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})] = H (\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}) + 51,5 (\text{dB}\Omega))$$

Pour plus de facilité, le facteur C_{dV} de conversion de I [$\text{dB}(\mu\text{A})$] en H [$\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$] est également donné par la figure C.10.

Les exemples suivants expliquent l'utilisation des trois équations ci-dessus et des figures C.10 et C.11.

- a) Fréquence de mesure $f = 100$ kHz, $D = 2$ m, $I = X \text{ dB}(\mu\text{A})$.

Si l'on applique la première équation et la figure C.10, on obtient:

$$\text{à } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3A} (\text{dB}\text{m}^{-1}) = (X - 19,5) \text{ dB}(\mu\text{A}/\text{m})$$

$$\text{à } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3V} [\text{dB}(\Omega/\text{m})] = [X + (51,5 - 19,5)] \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$$

- b) Fréquence de mesure $f = 100$ kHz, $D = 4$ m, $I = X \text{ dB}(\mu\text{A})$.

Si l'on utilise la figure C.11, on constate que le même appareil en essai aurait induit un courant:

$$I [\text{dB}(\mu\text{A})] = X - S_3 (\text{dB}) = (X + 13) \text{ dB}(\mu\text{A})$$

dans l'antenne de diamètre normalisé $D = 2$ m.

- c) Validation d'une antenne cadre pour $D = 3$ m.

On obtient alors le facteur de conversion en ajoutant S_3 , donné par la figure C.11, au facteur de validation donné à la figure C.8, à chaque fréquence. Ainsi, si la fréquence de mesure est de 100 kHz, le facteur de validation de l'antenne dont $D = 3$ m est égal à $(86 - 7) = 79 \text{ dB}(\Omega)$.

C.7 Document de référence

A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, J.R. Bergervoet et H. Van Veen, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on EMC, pp. 29-34, March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Suisse.

In general, the conversion factor is frequency-dependent; figure C.10 presents C_{dA} for standardized distances of 3 m and 10 m. For the standardized distance $d = 30$ m the conversion factor is under consideration.

The ratio S_D in decibels, of the current measured in a LLA with a diameter D , in metres, and the current which would have been measured with an LLA having the standardized diameter $D = 2$ m, are given in figure C.11 for several values of D . Using this ratio, the equation given above can be written as:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] - S_D(\text{dB}) + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

NOTE For disturbance calculations, CISPR uses the magnetic field strength H in $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ instead of $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. In this context, the relation between H expressed in $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ and H expressed in $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ is given by:

$$H [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})] = H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] + 51,5 [\text{dB}(\Omega)]$$

For convenience the conversion factor C_{dV} converting $I [\text{dB}(\mu\text{A})]$ into $H [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})]$ is also given in figure C.10.

The following examples explain the use of the three equations above and of figures C.10 and C.11.

- a) Given: measuring frequency $f = 100$ kHz, loop diameter $D = 2$ m, current in loop $I = X \text{ dB}(\mu\text{A})$.

Then using the first equation and figure C.10, it follows that:

$$\text{at } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3A} (\text{dBm}^{-1}) = (X - 19,5) \text{ dB}(\mu\text{A}/\text{m})$$

$$\text{at } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3V} [\text{dB}(\Omega/\text{m})] = [X + (51,5 - 19,5)] \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$$

- b) Given: measuring frequency $f = 100$ kHz, loop diameter $D = 4$ m, current in loop $I = X \text{ dB}(\mu\text{A})$.

Then using figure C.11 it follows that the same EUT would have induced a current:

$$I [\text{dB}(\mu\text{A})] = X - S_3 (\text{dB}) = (X + 13) \text{ dB}(\mu\text{A})$$

in the LLA with the standard diameter $D = 2$ m.

- c) Given: validate an LLA with diameter $D = 3$ m.

Then the validation factor is found by adding at each frequency S_3 , as given in figure C.11, to the validation factor, as given in figure C.8. Hence, if the measuring frequency is 100 kHz, the validation factor for the LLA with $D = 3$ m equals $(86 - 7) = 79 \text{ dB}(\Omega)$.

C.7 Reference document

A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, J.R. Bergervoet and H. Van Veen, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on EMC, pp 29-34, March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Switzerland.

Annexe D (informative)

Détails de construction des emplacements d'essai en espace libre dans la gamme de fréquences 30 MHz à 1 000 MHz (article 5)

D.1 Généralités

Les paragraphes 5.1 à 5.5 donnent les principaux aspects de construction des emplacements d'essai en espace libre. Des détails supplémentaires, de nature à assurer la bonne construction de l'emplacement et de l'enceinte tout temps, sont donnés dans la présente annexe. La meilleure manière de s'assurer de l'adéquation de ces pratiques est d'effectuer les mesures d'ANE décrites en 5.6.

D.2 Construction du plan de sol

D.2.1 Matériaux

Le métal est le matériau recommandé pour la construction du plan de sol des emplacements de mesure de champ. Cependant, pour des raisons pratiques, des plans de sol métalliques ne peuvent pas être recommandés pour les mesures de tous les appareils. Parmi les exemples de plan de sol métalliques, citons les tôles métalliques pleines, la feuille de métal, le métal perforé, le métal déployé, la toile métallique, le treillis métallique et les grilles métalliques. Il convient que le plan de sol ne présente ni vide, ni espace, dont les dimensions linéaires représentent une fraction appréciable d'une longueur d'onde à la fréquence de mesure la plus élevée. La taille maximale recommandée des ouvertures des plans de sol de type treillis, métal perforé, grille ou métal déployé est 1/10 de la longueur d'onde à la fréquence de mesure la plus élevée (environ 3 cm à 1 000 MHz). Il convient que les matériaux constitués de tôles, rouleaux ou pièces individuelles soient soudés ou brasés au niveau des joints, de préférence en continu, mais en aucun cas avec des espaces supérieurs à 1/10 de la longueur d'onde. Les revêtements diélectriques épais tels que le sable, l'asphalte ou le bois sur des plans de sol métalliques peuvent entraîner des caractéristiques d'affaiblissement de l'emplacement inacceptables.

D.2.2 Rugosité

Le critère de rugosité de Rayleigh fournit une estimation utile de la valeur quadratique maximale de la rugosité admissible pour le plan de sol (voir figure D.1). Pour la plupart des emplacements d'essai habituels, en particulier pour les applications à une distance de 3 m, une rugosité de 4,5 cm est sans conséquence sur les mesures. Une rugosité supérieure est autorisée pour les emplacements à 10 m et 30 m. On doit utiliser la procédure de validation de 5.6 pour déterminer si la rugosité est acceptable.

D.3 Servitudes de l'appareil en essai

Il convient que l'alimentation électrique ou le câblage d'alimentation de l'appareil en essai passe dans la plus grande longueur possible, sous le plan de sol, et de préférence à angle droit par rapport à l'axe de mesure. Il convient également que tous les fils, câbles, et canalisations arrivant à la table tournante ou au dispositif de support de l'appareil en essai passent sous le plan de sol. Lorsqu'un cheminement enterré n'est pas possible, il convient que les servitudes de l'appareil en essai soient placées sur le plan de sol, affleurantes et fixées sur ce dernier.

Annex D (informative)

Construction details for open area test sites in the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (clause 5)

D.1 General

Subclauses 5.1 through 5.5 contain major construction considerations for open area test sites. Additional details that are helpful in assuring a well constructed site and all weather enclosure are described in this annex. A positive way to assure the suitability of these practices is to perform NSA measurements as described in 5.6.

D.2 Ground plane construction

D.2.1 Material

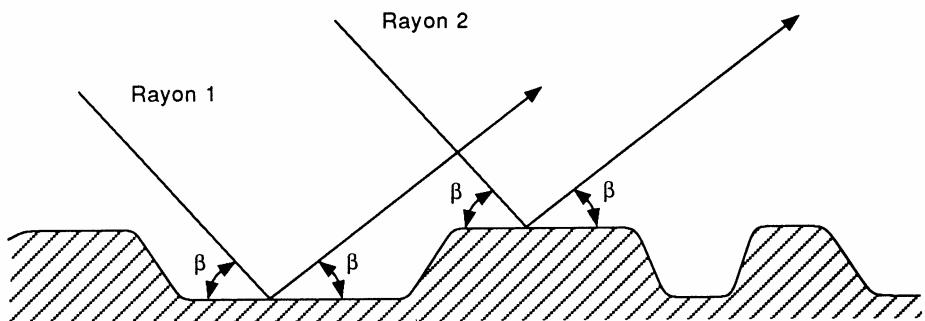
Metal is the recommended ground plane material for field strength test sites. However, for practical reasons, metallic ground planes cannot be specified for measurement of all equipment. Some examples of metallic ground planes include solid metal sheets, metal foil, perforated metal, expanded metal, wire cloth, wire screen and metal grating. The ground plane should have no voids or gaps with linear dimensions that are an appreciable fraction of a wavelength at the highest measurement frequency. The recommended maximum opening size for screen, perforated metal, grating or expanded metal type ground planes is 1/10 of a wavelength at the highest frequency of measurement (about 3 cm at 1 000 MHz). Material comprised of individual sheets, rolls, or pieces should be soldered or welded at the seams preferably continuously but in no case with gaps longer than 1/10 wavelength. Thick dielectric coatings, such as sand, asphalt, or wood on top of metal ground planes may result in unacceptable site attenuation characteristics.

D.2.2 Roughness

The Rayleigh roughness criterion provides a useful estimate of maximum allowable r.m.s. ground plane roughness (see figure D.1). For most practical test sites, especially for 3 m separation applications, up to 4.5 cm of roughness is insignificant for measurement purposes. Even more roughness is allowed for 10 m and 30 m sites. The site validation procedure in 5.6 shall be performed to determine whether the roughness is acceptable.

D.3 Services to EUT

Electrical service or mains wiring to the EUT should be run under the ground plane to the maximum extent possible and preferably at right angles to the measurement axis. All wires, cables, and plumbing to the turntable or mounting of the EUT should also be run under the ground plane. When underground routing is not possible, service to the EUT should be placed on top of, but flush with, and bonded to the ground plane.



IEC 1329/99

Figure D.1 – Critère de Rayleigh pour la rugosité du plan de sol

Distance de mesure R m	Hauteur de la source h_1 m	Hauteur maximale de l'antenne de réception h_2 m	Rugosité maximale (valeur quadratique)	
			b En longueur d'onde	A 1 000 MHz cm
3	1	4	0,15	4,5
10	1	4	0,28	8,4
30	2	6	0,49	14,7

Les valeurs de b sont calculées d'après la formule:

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}$$

D.4 Construction de l'enceinte de protection contre les intempéries

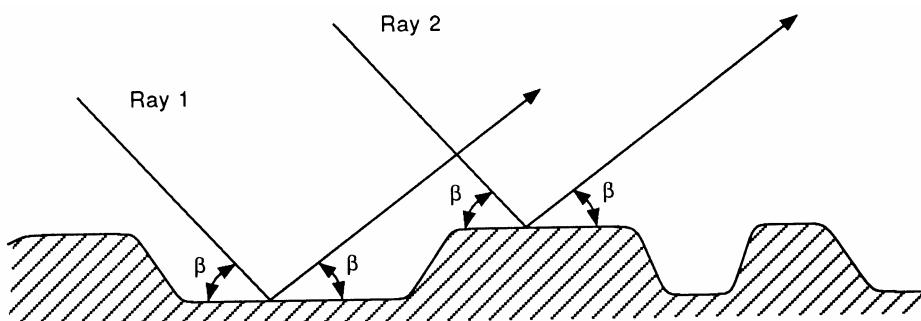
D.4.1 Matériaux et attaches

Jusqu'à 1 000 MHz, de minces sections de fibres de verre et de la plupart des autres matières plastiques, de bois spécialement traités et de tissus ne provoquent aucun affaiblissement appréciable des émissions de l'appareil en essai. L'absorption d'humidité par certains matériaux (bois et nylon) peut, cependant, entraîner des pertes de transmission, qui sont particulièrement critiques si les émissions de l'appareil en essai sont mesurées au travers de tels matériaux. Il convient de prendre soin que des particules conductrices déposées par l'air, et de l'eau ou de la glace ne s'accumulent pas sur la structure ou dans les matériaux composants la structure. Il convient d'effectuer périodiquement des contrôles pour s'assurer de l'absence d'objets étrangers susceptibles de se déposer sur la structure et d'entraîner des erreurs de mesure.

Il convient d'utiliser un minimum de métal au-dessus du plan de sol. L'utilisation d'attaches en matière plastique ou en tissu est fortement conseillée. Il convient que tous les points d'ancrage, pieux, ou fondations similaires soient suffisamment distants de la zone d'essai pour ne pas affecter la mesure.

D.4.2 Montages internes

Il convient que toutes les pièces de structure soient non réfléchissantes. Il convient que tous ventilateurs ou conduits de chauffage, de refroidissement ou de ventilation soient à l'extérieur de la zone d'essai ou à l'extérieur de la structure, à moins qu'ils ne soient faits de matériau non conducteur et qu'ils passent sous un plan de sol métallique ou largement au-dessous d'un plan de sol non métallique. Un contrôle de la température et de l'humidité peut être nécessaire au fonctionnement de l'appareil. Il convient que toute isolation ou fenêtre soit exempte de contre-plaque ou encadrement métallique. Il convient également que les garde-fous ou escaliers soient non conducteurs s'ils sont situés au-dessus du plan de sol.



IEC 1329/99

Figure D.1 – The Rayleigh criterion for roughness in the ground plane

Measurement distance R m	Source height, h_1 m	Maximum receiving antenna height, h_2 m	Maximum RMS roughness	
			b In wavelengths	At 1 000 MHz cm
3	1	4	0,15	4,5
10	1	4	0,28	8,4
30	2	6	0,49	14,7

The values of b are calculated according to the formula:

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}$$

D.4 Weather protection enclosure construction

D.4.1 Materials and fasteners

Up to 1 000 MHz, thin sections of fibreglass and most other plastics, specially treated woods, and fabric material will not cause appreciable attenuation of EUT emissions. Moisture absorption in some materials (e.g., wood and nylon), however, can cause transmission losses which are particularly critical if EUT emissions are measured through such material. Care should be taken to ensure that air-deposited conductive particles and standing water and ice do not build up on the structure or within the material forming the structure. Inspections should be made periodically for foreign objects which might lodge on the structure causing measurement errors.

Use of metal above the ground plane should be kept to a minimum. Use of plastic or fabric fasteners is highly recommended. Any anchors, pilings, or similar foundations should be far enough removed from the test area so as not to affect the measurement.

D.4.2 Internal arrangements

All structural members should be non-reflective. Any blowers or ducts for heating, cooling or air support should be outside the test area or outside the structure, unless they are made of non-conductive material or run below a metallic ground plane or well below a non-metallic ground plane. Temperature and humidity control may be required for the operation of the equipment. Any insulation or windows should be free of metal backing or framing. Any safety rails or stairs should also be non-conductive if located above the ground plane.

D.4.3 Taille

La taille d'une enceinte de protection contre les intempéries dépend de la taille de l'appareil en essai et de la nécessité d'englober l'antenne toute entière, ou uniquement la zone située au-dessus de l'appareil en essai, la zone située au-dessus de l'appareil de mesure, ou la zone comprenant le positionneur d'antenne de réception et la plus grande partie de l'antenne de réception lorsqu'on effectue des mesures en polarisation verticale.

D.4.4 Stabilité dans le temps et aux conditions climatiques

On recommande d'effectuer périodiquement des mesures de l'ANE afin de détecter toute anomalie provoquée par la dégradation de la protection tous temps par les conditions climatiques, (par exemple absorption d'humidité), ou la contamination des matériaux de l'enceinte. Cette mesure vérifie également l'étalonnage du câblage RF et des instruments d'essai. Un intervalle de six mois est en général convenable, à moins que des signes physiques indiquent plus tôt une dégradation des matériaux, c'est-à-dire des changements de couleur des matériaux provoqués par des polluants transportés par l'air.

D.5 Table tournante

L'utilisation d'une table tournante est recommandée pour faciliter la mesure des émissions rayonnées, sur tous les côtés de l'appareil en essai. Pour les essais d'appareils posés au sol, il convient que la table tournante soit recouverte de métal, qu'elle affleure le plan de sol et soit reliée au plan de sol par des liaisons conductrices. On peut utiliser une table tournante non métallique au-dessus de la surface du plan de sol, ou une combinaison d'une table tournante métallique et d'une table non métallique posée sur celle-ci pour les essais d'appareils de table. Une table tournante non métallique légèrement surélevée peut également être acceptable pour les essais d'appareils posés au sol.

D.6 Installation du mât de l'antenne de réception

Il convient que l'antenne de réception soit montée sur un support non conducteur permettant de la surélever entre 1 m et 4 m pour la mesure à une distance inférieure ou égale à 10 m, et entre 1 m et 4 m ou entre 2 m et 6 m pour des distances supérieures à 10 m. Le câble doit être connecté au symétriseur de l'antenne de telle façon que pour les antennes à polarisation horizontale, le câble soit orthogonal à l'axe des éléments de l'antenne à toutes hauteurs d'antenne, afin de conserver la symétrie par rapport au sol. Il convient que le câble sortant du symétriseur de l'antenne de réception tombe verticalement jusqu'au plan de sol à environ 1 m, ou plus, à l'arrière de l'antenne de réception. A partir de ce point, il convient de le maintenir sur ou sous le plan de sol, de façon à ne pas perturber la mesure. Il convient que le câble entre l'antenne et l'analyseur de perturbations soit aussi court que possible pour assurer des niveaux de signaux reçus acceptables à 1 000 MHz.

Pour les antennes de type doublet à polarisation verticale, il convient que le câble de connexion au récepteur de mesure soit maintenu horizontal, c'est-à-dire parallèle au plan de sol, sur une distance d'environ 1 m, ou plus, à l'arrière de l'antenne de réception (en s'éloignant de l'appareil en essai) avant de descendre sur le plan de sol. Une perche d'antenne d'environ 1 m de longueur est suffisante. Le cheminement du reste du câble vers l'analyseur se fait de la même façon que dans le cas de l'antenne à polarisation horizontale.

Dans les deux cas, il convient que l'étalonnage des facteurs d'antenne ne soit pas affecté par la présence des positionneurs d'antennes et par la disposition du câble coaxial fixé à l'antenne.

D.4.3 Size

The size of a weather protection enclosure will depend upon the size of the EUT and whether or not the entire antenna range is to be enclosed or only the area over the EUT, the area over the measuring set, or the area enclosing the receive antenna positioner and the highest extent of the receiving antenna when making vertical polarization measurements.

D.4.4 Uniformity with time and weather

It is recommended that periodic normalized site attenuation measurements be made in order to detect anomalies caused by degradation of the all-weather protection due to weather conditions (e.g. moisture absorption) or contamination of enclosure materials. This measurement also checks the calibration of RF cabling and test instrumentation. A six-month interval is generally adequate unless physical signs indicate material degradation sooner, i.e. material changes colour due to air-borne contaminants.

D.5 Turntable

A turntable is recommended for convenience in measuring electromagnetic emissions from all sides of the EUT. For testing a floor-standing EUT, the turntable should be metal-covered, flush with the ground plane and conductively connected to it. A non-metallic turntable above the ground plane surface or combination of metallic turntable and non-metallic table sitting on top of the turntable may be used for testing a table-top EUT. A slightly raised, non-metallic turntable may also be acceptable for testing floor-standing EUT.

D.6 Receiving antenna mast installation

The receiving antenna should be mounted on a non-conducting support which will allow the antenna to be raised between 1 m and 4 m for measurement distances of 10 m and less, and between 1 m and 4 m, or between 2 m and 6 m for distances greater than 10 m. The cable shall be connected to the antenna balun such that for horizontally polarized antennas the cable is orthogonal to the axis of the antenna elements at all antenna heights in order to maintain balance with respect to ground. The cabling from the receiving antenna balun should drop vertically to the ground plane approximately 1 m or more to the rear of the receiving antenna. From that point it should be kept on or under the ground plane in a manner so as not to disturb the measurement. The cable between the antenna and disturbance analyzer should be as short as practical to ensure acceptable received signal levels at 1 000 MHz.

For vertically polarized dipole-type antennas, the cabling to the measuring receiver should be maintained horizontal, i.e., parallel to the ground plane, for a distance of approximately 1 m or more to the rear of the receiving antenna (away from the EUT) before dropping to the ground plane. An antenna boom approximately 1 m in length will suffice. The remaining cable routing to the analyzer is the same as for the horizontally-polarized case.

For both cases, the antenna factor calibration should not be affected by the presence of the antenna positioners and disposition of the coaxial cabling attached to the antenna.

Annexe E (normative)

Procédure de validation de l'emplacement d'essai en espace libre pour la gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz (article 5)

E.1 Généralités

Le paragraphe 5.6 contient les exigences générales et les procédures pour la détermination de la validation de l'emplacement par mesures d'affaiblissement normalisé de l'emplacement (ANE). La présente annexe donne les procédures détaillées à appliquer pour les mesures d'ANE.

E.2 Méthode de la fréquence discrète

E.2.1 Installation de mesure

On doit se référer aux figures 4 et 5 pour les détails d'installation d'essai spécifiques. Le générateur de signaux est branché à l'antenne d'émission par une longueur de ligne de transmission appropriée. L'antenne d'émission est placée à l'emplacement désiré. La hauteur de l'antenne d'émission est réglée à h_1 (voir tableaux E.1, E.2 et E.3 pour les valeurs de h_1) et on choisit la polarisation désirée. Si l'on utilise un doublet accordable, sa longueur est réglée pour la fréquence requise.

L'antenne de réception est montée sur un mât permettant le balayage de toute la hauteur de $h_{2\min}$ à $h_{2\max}$, placé à une distance R de l'antenne d'émission et elle est connectée à un récepteur de mesure ou un analyseur de spectre par l'intermédiaire d'une longueur appropriée de câble. On choisit la même polarisation que pour l'antenne d'émission et, si un doublet accordable est utilisé, l'antenne est réglée à la fréquence requise. La distance de 25 cm par rapport au sol est maintenue pour les doublets accordés orientés verticalement (voir tableau E.3).

Pour toutes les mesures d'ANE à l'aide de doublets accordables, on suppose que ces antennes sont accordées sur chaque fréquence, y compris les fréquences comprises entre 30 MHz et 80 MHz.

E.2.2 Procédure de mesure

Il convient de procéder comme suit pour chaque fréquence indiquée aux tableaux E.1, E.2 et E.3. On effectue d'abord les mesures sur les antennes alignées horizontalement, puis sur les antennes alignées verticalement, la hauteur de l'antenne d'émission étant réglée à h_1 .

- 1) Régler le niveau de sortie du générateur de signaux pour obtenir un affichage de la tension reçue largement au-dessus du bruit ambiant et du bruit du récepteur de mesure ou de l'analyseur de spectre.
- 2) Déplacer l'antenne de réception sur le mât sur la plage de balayage en hauteur h_2 comme indiqué dans les tableaux E.1, E.2 et E.3, selon le cas.
- 3) Noter le niveau maximal du signal. Cette valeur est $V_{EMPLACEMENT}$ dans l'équation (1), en 5.6.1.
- 4) Déconnecter les câbles d'émission et de réception de leurs antennes. Connecter ces câbles directement au moyen d'un adaptateur.
- 5) Noter le niveau du signal, câbles d'émission et de réception connectés. Cette valeur est V_{DIRECT} dans l'équation (1), en 5.6.1.

Annex E (normative)

Validation procedure of the open area test site for the frequency range of 30 MHz to 1 000 MHz (clause 5)

E.1 General

Subclause 5.6 contains the general requirements and procedures for determining site validation using normalized site attenuation measurements. This annex provides step-by-step procedures to perform the NSA measurements.

E.2 Discrete frequency method

E.2.1 Measurement set-up

Refer to figures 4 and 5 for specific test set-up details. The signal generator is connected to the transmit antenna with an appropriate length of transmission line. The transmit antenna is placed in the desired location. The transmit antenna height is set to h_1 (see tables E.1, E.2 and E.3 for the values of h_1) and the desired polarization is selected. If a tunable dipole is used, the length is adjusted for the required frequency.

The receive antenna is mounted on a mast which allows scanning over the height range $h_{2\min}$ to $h_{2\max}$, placed at a distance R from the transmit antenna, and connected to the measuring receiver or spectrum analyzer via a suitable length of cable. The same polarization as that for the transmit antenna is selected and, if a tunable dipole is used, the antenna is adjusted to the required frequency. The 25 cm ground clearance is maintained for vertically oriented tuned dipoles (see table E.3).

For all NSA measurements using tunable dipoles, it is assumed that these antennas are tuned to each frequency, including those between 30 MHz and 80 MHz.

E.2.2 Measurement procedure

The following steps should be used for each frequency indicated in tables E.1, E.2, and E.3. The measurements are first made for antennas horizontally aligned and then for antennas vertically aligned with the transmit antenna height set at h_1 .

- 1) Adjust the output level of the signal generator to give a received voltage display well above ambient and measuring receiver or spectrum analyzer noise.
- 2) Raise the receiving antenna on the mast through scan h_2 as indicated in tables E.1, E.2 and E.3, as appropriate.
- 3) Record the maximum signal level. This value is V_{SITE} in equation (1), in 5.6.1.
- 4) Disconnect the transmit and receive cables from their antennas. Directly connect these cables with a straight through adapter.
- 5) Record the signal level with the transmit and receive cables connected. This value is V_{DIRECT} in equation (1), in 5.6.1.

- 6) A chaque fréquence et pour chaque polarisation, introduire les valeurs des étapes 3 et 5 dans l'équation (1), en 5.6.1.
- 7) Introduire les facteurs d'antenne d'émission et de réception à la fréquence de mesure, comme indiqué dans l'équation (1).
- 8) Introduire le facteur de correction d'impédance mutuelle ΔAF_{TOT} du tableau E.4, qui s'applique uniquement à la géométrie spécifique de la polarisation horizontale, avec des doublets accordables séparés de 3 m. $\Delta AF_{TOT} = 0$ pour toutes les autres géométries.
- 9) Résoudre l'équation (1) pour A_N qui est l'ANE pour la fréquence de mesure et la polarisation utilisées.
- 10) Soustraire la valeur de l'étape 9 de l'ANE approprié figurant, dans les tableaux E.1, E.2 ou E.3, selon le cas.
- 11) Si les résultats de l'étape 10 sont inférieurs à ± 4 dB, l'emplacement est considéré comme étant validé à cette fréquence et cette polarisation.
- 12) Répéter les étapes 1 à 11 pour la combinaison de fréquence et de polarisation suivante.

E.3 Méthode par balayage de fréquence

E.3.1 Installation de mesure

L'installation est similaire à celle du E.2.1, sauf que seules des antennes à large bande sont utilisées. Aucune restriction du mouvement des antennes à polarisation verticale n'est nécessaire en raison de la taille physique réduite de telles antennes à large bande.

E.3.2 Procédure de mesure

Il convient d'appliquer la procédure suivante en utilisant des appareils de mesure automatiques dotés d'une capacité de maintien de crête (maintien de la valeur maximale), d'une capacité de mémorisation, et d'un générateur de poursuite. Dans cette méthode, la hauteur de l'antenne de réception h_2 et la fréquence sont balayées sur toutes les gammes de fréquences requises. Les gammes de fréquences sont en général déterminées par le type d'antenne à large bande utilisée. La vitesse de balayage en fréquence doit être beaucoup plus élevée que la vitesse de balayage en hauteur de l'antenne. Régler la hauteur de l'antenne d'émission à h_1 .

- 1) Régler le niveau de sortie du générateur de poursuite pour donner un affichage de la tension reçue largement supérieur au bruit ambiant et au bruit du récepteur de balayage ou de l'analyseur de spectre.
- 2) Déplacer l'antenne de réception sur le mât jusqu'à la hauteur maximale de la plage de balayage, comme indiqué dans le tableau E.1.
- 3) Régler l'analyseur de spectre pour balayer la gamme de fréquences désirée. S'assurer que l'analyseur de spectre est réglé de telle façon qu'un signal similaire, d'amplitude supérieure de 60 dB puisse être affiché sur la même échelle d'amplitude. Cela permet l'enregistrement des niveaux de l'étape 5.
- 4) Abaisser lentement l'antenne de réception jusqu'à la hauteur minimale de la plage de balayage comme indiquée dans les tableaux correspondant à la géométrie appropriée à l'emplacement. Mémoriser ou enregistrer l'affichage de la tension maximale reçue V_R en dB(μ V). (Il convient que le temps de descente de l'antenne soit très supérieur au temps de balayage de l'analyseur de spectre.)
- 5) Débrancher les câbles d'émission et de réception, et les raccorder directement au moyen d'un raccord adaptateur. Mémoriser ou enregistrer l'affichage de la tension résultante.
- 6) A chaque fréquence, soustraire la tension mesurée à l'étape 4 de la tension mesurée à l'étape 5. Soustraire également les facteurs d'antenne des antennes d'émission et de réception AF_T (dB/m) et AF_R (dB/m), respectivement. (Les facteurs d'antenne en fonction continue de la fréquence peuvent être obtenus par simple interpolation linéaire d'un

- 6) At each frequency and for each polarization, enter the values in steps 3 and 5 in equation (1), in 5.6.1.
- 7) Insert the transmit and receive antenna factors at the measurement frequency as shown in equation (1).
- 8) Insert the mutual impedance correction factor ΔAF_{TOT} from table E.4 which applies only for the specific geometry of horizontal polarization using tunable dipoles separated by 3 m. $\Delta AF_{TOT} = 0$ for all other geometries.
- 9) Solve equation (1) for A_N which is the NSA for the measurement frequency and polarization used.
- 10) Subtract the value in step 9 from the appropriate NSA contained in tables E.1, E.2 and E.3, as appropriate.
- 11) If the results in step 10 are less than ± 4 dB, the site is considered validated at that frequency and polarization.
- 12) Repeat steps 1 through 11 for the next frequency and polarization combination.

E.3 Swept frequency method

E.3.1 Measurement set-up

The set-up is similar to that contained in E.2.1 except that only broadband antennas are used. No restrictions in vertical polarization antenna movement is necessary due to the physically small size of such broadband antennas.

E.3.2 Measurement procedure

The following steps should be made using automatic measuring equipment having a peak hold (max. hold), storage capability, and tracking generator. In this method, both receive antenna height h_2 and frequency are scanned or swept over the required frequency ranges. The frequency ranges are usually determined by the type of broadband antenna used. The frequency sweep speed shall be much greater than the antenna height scan rate. Set the transmit antenna height to h_1 .

- 1) Adjust the output level of the tracking generator to give a received voltage display well above ambient scanning receiver or spectrum analyzer noise.
- 2) Raise the receiving antenna on the mast to the maximum height of the scan range as indicated in the appropriate table E.1.
- 3) Set the spectrum analyzer to sweep the desired frequency range. Ensure that the spectrum analyzer is adjusted so that a similar signal up to 60 dB higher can be displayed on the same amplitude scale. This will accommodate the levels to be recorded in step 5.
- 4) Slowly lower the receiving antenna to the minimum height of the scan range as indicated in the tables for the appropriate site geometry. Store or record the maximum received voltage display V_R in dB(μ V). (The time it takes to lower the antenna should be much longer than the spectrum analyzer sweep time.)
- 5) Disconnect the transmit and receive cables and connect them directly with a straight through adapter. Store or record the resulting voltage display.
- 6) At each frequency, subtract the voltage measured in step 4 from the voltage measured in step 5. Also subtract the antenna factors of the transmit and receive antennas, AF_T (dB/m) and AF_R (dB/m), respectively. (Antenna factors as a continuous function of frequency can be obtained by using simple linear curve fitting on a set of discrete antenna factor values.) The result is the measured NSA over the range of frequencies used, which should be

ensemble de valeurs discrètes de facteurs d'antenne). Le résultat est l'ANE mesuré sur la gamme de fréquences utilisées, qu'il convient de tracer. Tracer également l'ANE théorique pour un emplacement idéal donné au tableau E.1.

- 7) Les différences trouvées entre l'ANE théorique et l'ANE mesuré doivent satisfaire le critère de ± 4 dB.

NOTE Pour les deux méthodes de mesure de l'ANE, une désadaptation d'impédance à la sortie de la source du signal ou à l'entrée du récepteur de mesure ou de l'analyseur de spectre peut entraîner des réflexions génératrices d'erreurs. Il convient de l'éviter en utilisant des affaiblisseurs d'équilibrage de 10 dB à la sortie de chaque câble d'antenne d'émission et de réception. Ces affaiblisseurs doivent rester connectés aux câbles pendant toute la mesure de l'ANE.

E.4 Causes possibles de dépassement des limites d'acceptabilité de l'emplacement

Si l'écart dépasse le critère de ± 4 dB, effectuer les vérifications suivantes:

Contrôler d'abord l'étalonnage du système de mesure. Si le générateur de signaux et les instruments de mesure ne dérivent pas pendant les mesures, les facteurs d'antenne sont d'abord à mettre en cause. Les antennes peuvent également être défectueuses. Si ces facteurs sont conformes, répéter la mesure. Si les différences sont toujours supérieures à ± 4 dB, l'emplacement et la zone environnante sont à mettre en cause. L'affaiblissement vertical de l'emplacement est en général celui qui est le plus sensible aux anomalies de l'emplacement. Si c'est le cas, utiliser cette mesure comme base de recherche des causes du problème. Les problèmes peuvent provenir d'une construction et d'une taille incorrectes du plan de sol, d'objets réfléchissants trop rapprochés, (barrières, constructions, pylônes d'éclairage, etc.), de performances dégradées des enceintes de protection contre les intempéries dues à des techniques de construction et de maintenance non appropriées, et à des effets à long terme, tels que la pénétration de résidus polluants conducteurs transportés par l'air.

E.5 Etalonnage de l'antenne

Les facteurs d'antenne des antennes à large bande utilisées pour effectuer des mesures d'affaiblissement de l'emplacement doivent pouvoir être ramenés à une norme nationale*. Les facteurs d'antenne communiqués par le fabricant peuvent ne pas être suffisamment précis pour permettre d'obtenir un accord correct entre les affaiblissements normalisés d'emplacement mesurés et calculés. Les facteurs d'antenne prennent généralement en compte les pertes dues au symétriseur. Si un symétriseur séparé est utilisé, ses effets doivent être pris en compte. L'expérience a montré que les variations des facteurs d'antenne en fonction de la géométrie et de la polarisation sont en général négligeables pour les types d'antenne à large bande habituellement utilisées pour les mesures de compatibilité électromagnétique en-dessous de 1 GHz (par exemple antennes biconiques, doublets épais et log périodiques) à condition que l'antenne d'émission soit à au moins 1 m au-dessus du plan de sol. Si l'on croit être en présence de variations de facteur d'antenne, du fait de l'utilisation d'antennes ou de géométries de mesure inhabituelles, ou en raison d'effets tels que couplage mutuel ou dispersion par les lignes de transmission dans le cas des antennes à polarisation verticale, spécialement à la distance de mesure de 3 m, il convient de mesurer d'abord les facteurs d'antenne en utilisant ces géométries.

Normalement l'affaiblissement de l'emplacement est mesuré dans un système 50Ω , c'est-à-dire que le générateur de signaux et le récepteur de mesure ont une impédance de 50Ω et les impédances de rayonnement des antennes d'émission et de réception sont symétrisées et adaptées au moyen d'un symétriseur.

* Une procédure d'étalonnage est à l'étude.

plotted. Also plot the theoretical normalized site attenuation for an ideal site shown in table E.1.

- 7) The differences found between the theoretical NSA and the measured NSA shall fall within the ± 4 dB criterion.

NOTE For both NSA measurement methods, an impedance mismatch in the output of the signal source or at the input of the measuring receiver or spectrum analyzer may result in reflections which could cause errors. This should be avoided by use of padding attenuators of 10 dB; one at the output end of each transmitting and receiving antenna cable. These attenuators shall remain in the cables during the entire measurement for NSA.

E.4 Possible causes for exceeding site acceptability limits

If the deviation exceeds the ± 4 dB criterion, investigate as follows:

First check the measurement system calibrations. If the signal generator and measuring instrumentation do not drift during the measurements, the prime suspects are the antenna factors. Antennas may also be defective. If these all check out, repeat the measurement. If the differences are still greater than ± 4 dB, the site and the surrounding area are suspect. The vertical site attenuation should in general be the most sensitive to site anomalies. If so, use that measurement as the basis for tracking down the problem. Possible problems include inadequate ground plane construction and size, reflecting objects too close by (fences, buildings, light towers, etc.), degraded performance of all-weather enclosures due to inadequate construction and maintenance techniques, and such long-term effects as penetration of residue from airborne conductive contaminants.

E.5 Antenna calibration

The antenna factors of broadband antennas used to make site attenuation measurements should be traceable to a national standard*. Manufacturer's antenna factors may not be sufficiently accurate to achieve good agreement between measured and calculated normalized site attenuations. Antenna factors usually account for losses due to the balun. If a separate balun is used, its effects shall be accounted for. Experience has shown that variations of antenna factors with geometry and polarization are generally negligible for the types of broadband antennas commonly used for EMC measurements below 1 GHz (e.g., biconicals, thick dipoles and log-periodics) as long as the transmit antenna is at least 1 m above the ground plane. If antenna factor variations are suspected because of the use of unusual antennas or measurement geometries, or from effects such as mutual coupling, or transmission line scattering for vertically polarized antennas, especially at the 3-m measurement distance, the antenna factors should first be measured using these geometries.

Normally the site attenuation is measured in a 50Ω system, i.e. the signal generator and measuring receiver have an impedance of 50Ω and the radiation impedances of the transmitting and receiving antennas are balanced and matched via a balun.

* A calibration procedure is under consideration.

Les facteurs d'antenne communiqués par le fabricant sont normalement également spécifiés pour une impédance de 50Ω , c'est-à-dire que le facteur de conversion est défini pour une adaptation sans perte de l'impédance 50Ω à l'impédance de rayonnement de l'antenne et, si c'est le cas, les pertes du symétriseur utilisé sont également comprises dans le facteur d'antenne communiqué.

Si des doublets demi-onde accordés sont utilisés, leurs facteurs d'antenne en espace libre peuvent être calculés à l'aide de l'équation suivante:

$$AF = 20 \lg (2\pi/\lambda) + 10 \lg (73/50) \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.1})$$

$$= 20 \lg f - 31,9 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.2})$$

où f est en MHz

NOTE En pratique, le facteur d'antenne est modifié en fonction de la hauteur de l'antenne doublet par rapport au sol à cause de l'impédance mutuelle du doublet et de son image dans le sol.

La perte moyenne du symétriseur pour un doublet demi-onde accordé bien conçu est d'environ 0,5 dB. L'équation (E.2) devient donc:

$$AF = 20 \lg f - 31,4 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.3})$$

La perte du symétriseur se mesure en raccordant dos à dos le doublet d'émission et de réception avant qu'ils soient installés dans leurs logements. La perte de chaque symétriseur est la moitié de la perte totale mesurée, en supposant que les deux symétriseurs aient la même perte.

Il est important de vérifier que ces valeurs calculées sont bien représentatives des valeurs des doublets accordés effectivement utilisés pour les mesures d'ANE. La plus simple des vérifications consiste à assembler les antennes de telle manière que leurs éléments soient en résonance, et à en mesurer le ROS. L'antenne doit être placée au minimum à 4 m au-dessus du sol, et même plus haut si possible, de façon à minimiser les couplages de l'antenne avec le sol. Ses éléments doivent être accordés à la résonance en utilisant les mesures figurant dans le tableau E.3. Il suffit de mesurer le ROS des antennes en bas, au milieu et en haut de leurs gammes de fréquences.

En dessous de 100 MHz, il est également possible de vérifier le fonctionnement des symétriseurs en retirant les éléments, en branchant une résistance de 70Ω aux bornes du bloc de montage de l'élément, et en mesurant le ROS du symétriseur ainsi équipé. Il convient que la valeur obtenue soit inférieure à 1,5.

Manufacturer's antenna factors are normally also specified for an impedance of 50 Ω, i.e. the conversion factor for a without loss matching of the 50 Ω impedance to the radiation impedance of the antenna and, if applicable, the loss of the used balun is also contained in the given antenna factor.

If tuned half-wave dipoles are used, their free-space antenna factors can be calculated, using the following equation:

$$AF = 20 \lg (2\pi/\lambda) + 10 \lg (73/50) \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.1})$$

$$= 20 \lg f - 31,9 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.2})$$

where

f is in MHz.

NOTE In practice, the antenna factor will be affected by the height of the dipole antenna above ground because of the mutual impedance of the dipole and its image in the ground.

The average balun loss for a well designed tuned half-wave dipole is approximately 0,5 dB. Hence equation (E.2) becomes

$$AF = 20 \lg f - 31,4 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.3})$$

This balun loss should be measured by connecting transmit and receive dipole back to back before they are installed in their housings. The loss per balun is 1/2 of the total loss measured, assuming both baluns are equal.

It is important to check that these calculated values are representative of the values for the particular tuned dipoles used for the NSA measurements. The simplest check is to measure the VSWR with the antennas assembled and its elements tuned to resonance. The antenna shall be placed at least 4 m above the ground, higher if possible, to minimize antenna to ground coupling, and its elements tuned to resonance using the measurements shown in table E.3. It is sufficient to check the VSWR of the antennas at frequencies in the low end, middle and high end of their frequency ranges.

Below 100 MHz, the function of the baluns may also be checked by removing the elements, placing a 70 Ω resistor across the terminals of the element mounting block, and measuring the VSWR of the terminated balun. The VSWR should be less than 1,5 to 1.

Tableau E.1 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement*

(Géométries conseillées pour les antennes à large bande)

Polarisation	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Verticale	Verticale	Verticale	Verticale
R (m)	3	10	30	30	3	10	30	30
h_1 (m)	1	1	1	1	1	1	1	1
h_2 (m)	1 à 4	1 à 4	2 à 6	1 à 4	1 à 4	1 à 4	2 à 6	1 à 4
f_m (MHz)	A_N (dB)							
30	15,8	29,8	44,4	47,8	8,2	16,7	26,1	26,0
35	13,4	27,1	41,7	45,1	6,9	15,4	24,7	24,7
40	11,3	24,9	39,4	42,8	5,8	14,2	23,6	23,5
45	9,4	22,9	37,3	40,8	4,9	13,2	22,5	22,5
50	7,8	21,1	35,5	38,9	4,0	12,3	21,6	21,6
60	5,0	18,0	32,4	35,8	2,6	10,7	20,1	20
70	2,8	15,5	29,7	33,1	1,5	9,4	18,7	18,7
80	0,9	13,3	27,5	30,8	0,6	8,3	17,6	17,5
90	-0,7	11,4	25,5	28,8	-0,1	7,3	16,6	16,5
100	-2,0	9,7	23,7	27	-0,7	6,4	15,7	15,6
120	-4,2	7,0	20,6	23,9	-1,5	4,9	14,1	14,0
140	-6,0	4,8	18,1	21,2	-1,8	3,7	12,8	12,7
160	-7,4	3,1	15,9	19	-1,7	2,6	11,7	11,5
180	-8,6	1,7	14,0	17	-1,3	1,8	10,8	10,5
200	-9,6	0,6	12,4	15,3	-3,6	1,0	9,9	9,6
250	-11,9	-1,6	9,1	11,6	-7,7	-0,5	8,2	7,7
300	-12,8	-3,3	6,7	8,8	-10,5	-1,5	6,8	6,2
400	-14,8	-5,9	3,6	4,6	-14,0	-4,1	5,0	3,9
500	-17,3	-7,9	1,7	1,8	-16,4	-6,7	3,9	2,1
600	-19,1	-9,5	0	0	-16,3	-8,7	2,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-1,3	-18,4	-10,2	-0,5	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-2,5	-20,0	-11,5	-2,1	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-3,5	-21,3	-12,6	-3,2	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,5	-4,4	-22,4	-13,6	-4,2	-3,5

* Ces données s'appliquent aux antennes qui sont dégagées d'au moins 25 cm du plan de sol lorsque les centres de ces antennes sont à 1 m au-dessus du plan de sol en polarisation verticale.

Table E.1 – Normalized site attenuation*

(Recommended geometries for broadband antennas)

Polarization	Horizontal <i>R</i> (m) 3 1 <i>h</i> ₂ (m) 1 to 4	Horizontal 10 1 1 to 4	Horizontal 30 1 2 to 6	Horizontal 30 1 1 to 4	Vertical 3 1 1 to 4	Vertical 10 1 1 to 4	Vertical 30 1 2 to 6	Vertical 30 1 1 to 4
<i>f</i> _m (MHz)	<i>A</i> _N (dB)							
30	15,8	29,8	44,4	47,8	8,2	16,7	26,1	26,0
35	13,4	27,1	41,7	45,1	6,9	15,4	24,7	24,7
40	11,3	24,9	39,4	42,8	5,8	14,2	23,6	23,5
45	9,4	22,9	37,3	40,8	4,9	13,2	22,5	22,5
50	7,8	21,1	35,5	38,9	4,0	12,3	21,6	21,6
60	5,0	18,0	32,4	35,8	2,6	10,7	20,1	20
70	2,8	15,5	29,7	33,1	1,5	9,4	18,7	18,7
80	0,9	13,3	27,5	30,8	0,6	8,3	17,6	17,5
90	-0,7	11,4	25,5	28,8	-0,1	7,3	16,6	16,5
100	-2,0	9,7	23,7	27	-0,7	6,4	15,7	15,6
120	-4,2	7,0	20,6	23,9	-1,5	4,9	14,1	14,0
140	-6,0	4,8	18,1	21,2	-1,8	3,7	12,8	12,7
160	-7,4	3,1	15,9	19	-1,7	2,6	11,7	11,5
180	-8,6	1,7	14,0	17	-1,3	1,8	10,8	10,5
200	-9,6	0,6	12,4	15,3	-3,6	1,0	9,9	9,6
250	-11,9	-1,6	9,1	11,6	-7,7	-0,5	8,2	7,7
300	-12,8	-3,3	6,7	8,8	-10,5	-1,5	6,8	6,2
400	-14,8	-5,9	3,6	4,6	-14,0	-4,1	5,0	3,9
500	-17,3	-7,9	1,7	1,8	-16,4	-6,7	3,9	2,1
600	-19,1	-9,5	0	0	-16,3	-8,7	2,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-1,3	-18,4	-10,2	-0,5	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-2,5	-20,0	-11,5	-2,1	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-3,5	-21,3	-12,6	-3,2	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,5	-4,4	-22,4	-13,6	-4,2	-3,5

* These data apply to antennas that have at least 25 cm of ground plane clearance when the centre of the antennas is 1 m above the ground plane in vertical polarization.

Tableau E.2 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement

(Géometries conseillées pour les doublets demi-onde accordés, à polarisation horizontale)

Polarisation <i>R</i> (m) <i>h</i> ₁ (m) <i>h</i> ₂ (m)	Horizontale		
	3**	10	30
	2	2	2
<i>f</i> _m (MHz)	<i>A</i> _N (dB)		
30	11,0	24,1	38,4
35	8,8	21,6	35,8
40	7,0	19,4	33,5
45	5,5	17,5	31,5
50	4,2	15,9	29,7
60	2,2	13,1	26,7
70	0,6	10,9	24,1
80	-0,7	9,2	21,9
90	-1,8	7,8	20,1
100	-2,8	6,7	18,4
120	-4,4	5,0	15,7
140	-5,8	3,5	13,6
160	-6,7	2,3	11,9
180	-7,2	1,2	10,6
200	-8,4	0,3	9,7
250	-10,6	-1,7	7,7
300	-12,3	-3,3	6,1
400	-14,9	-5,8	3,5
500	-16,7	-7,6	1,6
600	-18,3	-9,3	0
700	-19,7	-10,6	-1,3
800	-20,8	-11,8	-2,4
900	-21,8	-12,9	-3,5
1 000	-22,7	-13,8	-4,4

** Dans le cas des doublets demi-onde accordés à polarisation horizontale espacés de 3 m, il convient de soustraire les facteurs de correction d'impédance mutuelle (voir tableau E.4) des valeurs mesurées d'affaiblissement normalisé de l'emplacement, afin de pouvoir les comparer avec les valeurs théoriques d'affaiblissement normalisées de l'emplacement pour un emplacement idéal, données dans ce tableau.

Table E.2 – Normalized site attenuation

(Recommended geometries for tuned half-wave dipoles, horizontal polarization)

Polarization <i>R</i> (m) <i>h</i> ₁ (m) <i>h</i> ₂ (m)	Horizontal		
	3**	10	30
	2	2	2
1 to 4		1 to 4	2 to 6
<i>f</i> _m (MHz)	<i>A</i> _N (dB)		
30	11,0	24,1	38,4
35	8,8	21,6	35,8
40	7,0	19,4	33,5
45	5,5	17,5	31,5
50	4,2	15,9	29,7
60	2,2	13,1	26,7
70	0,6	10,9	24,1
80	-0,7	9,2	21,9
90	-1,8	7,8	20,1
100	-2,8	6,7	18,4
120	-4,4	5,0	15,7
140	-5,8	3,5	13,6
160	-6,7	2,3	11,9
180	-7,2	1,2	10,6
200	-8,4	0,3	9,7
250	-10,6	-1,7	7,7
300	-12,3	-3,3	6,1
400	-14,9	-5,8	3,5
500	-16,7	-7,6	1,6
600	-18,3	-9,3	0
700	-19,7	-10,6	-1,3
800	-20,8	-11,8	-2,4
900	-21,8	-12,9	-3,5
1 000	-22,7	-13,8	-4,4

** The mutual impedance correction factors (see table E.4) for horizontally polarized tuned half-wave dipoles spaced 3 m apart should be subtracted from the measured normalized site attenuation data for comparison with the theoretical normalized site attenuation values for an ideal site given in this table.

Tableau E.3 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement

(Géometries conseillées pour les doublets demi-onde accordés, à polarisation verticale)

f_m MHz	$R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$		$R = 10 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$		$R = 30 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$	
	h_2 (m)	A_N (dB)	h_2 (m)	A_N (dB)	h_2 (m)	A_N (dB)
30	2,75 à 4	12,4	2,75 à 4	18,8	2,75 à 6	26,3
35	2,39 à 4	11,3	2,39 à 4	17,4	2,39 à 6	24,9
40	2,13 à 4	10,4	2,13 à 4	16,2	2,13 à 6	23,8
45	1,92 à 4	9,5	1,92 à 4	15,1	2 à 6	22,8
50	1,75 à 4	8,4	1,75 à 4	14,2	2 à 6	21,9
60	1,50 à 4	6,3	1,50 à 4	12,6	2 à 6	20,4
70	1,32 à 4	4,4	1,32 à 4	11,3	2 à 6	19,1
80	1,19 à 4	2,8	1,19 à 4	10,2	2 à 6	18,0
90	1,08 à 4	1,5	1,08 à 4	9,2	2 à 6	17,1
100	1 à 4	0,6	1 à 4	8,4	2 à 6	16,3
120	1 à 4	-0,7	1 à 4	7,5	2 à 6	15,0
140	1 à 4	-1,5	1 à 4	5,5	2 à 6	14,1
160	1 à 4	-3,1	1 à 4	3,9	2 à 6	13,3
180	1 à 4	-4,5	1 à 4	2,7	2 à 6	12,8
200	1 à 4	-5,4	1 à 4	1,6	2 à 6	12,5
250	1 à 4	-7,0	1 à 4	-0,6	2 à 6	8,6
300	1 à 4	-8,9	1 à 4	-2,3	2 à 6	6,5
400	1 à 4	-11,4	1 à 4	-4,9	2 à 6	3,8
500	1 à 4	-13,4	1 à 4	-6,9	2 à 6	1,8
600	1 à 4	-14,9	1 à 4	-8,4	2 à 6	0,2
700	1 à 4	-16,3	1 à 4	-9,7	2 à 6	-1,0
800	1 à 4	-17,4	1 à 4	-10,9	2 à 6	-2,4
900	1 à 4	-18,5	1 à 4	-12,0	2 à 6	-3,3
1 000	1 à 4	-19,4	1 à 4	-13,0	2 à 6	-4,2

Table E.3 – Normalized site attenuation

(Recommended geometries for tuned half-wave dipoles – vertical polarization)

f_m MHz	$R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$		$R = 10 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$		$R = 30 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$	
	h_2 (m)	A_N (dB)	h_2 (m)	A_N (dB)	h_2 (m)	A_N (dB)
30	2,75 to 4	12,4	2,75 to 4	18,8	2,75 to 6	26,3
35	2,39 to 4	11,3	2,39 to 4	17,4	2,39 to 6	24,9
40	2,13 to 4	10,4	2,13 to 4	16,2	2,13 to 6	23,8
45	1,92 to 4	9,5	1,92 to 4	15,1	2 to 6	22,8
50	1,75 to 4	8,4	1,75 to 4	14,2	2 to 6	21,9
60	1,50 to 4	6,3	1,50 to 4	12,6	2 to 6	20,4
70	1,32 to 4	4,4	1,32 to 4	11,3	2 to 6	19,1
80	1,19 to 4	2,8	1,19 to 4	10,2	2 to 6	18,0
90	1,08 to 4	1,5	1,08 to 4	9,2	2 to 6	17,1
100	1 to 4	0,6	1 to 4	8,4	2 to 6	16,3
120	1 to 4	-0,7	1 to 4	7,5	2 to 6	15,0
140	1 to 4	-1,5	1 to 4	5,5	2 to 6	14,1
160	1 to 4	-3,1	1 to 4	3,9	2 to 6	13,3
180	1 to 4	-4,5	1 to 4	2,7	2 to 6	12,8
200	1 to 4	-5,4	1 to 4	1,6	2 to 6	12,5
250	1 to 4	-7,0	1 to 4	-0,6	2 to 6	8,6
300	1 to 4	-8,9	1 to 4	-2,3	2 to 6	6,5
400	1 to 4	-11,4	1 to 4	-4,9	2 to 6	3,8
500	1 to 4	-13,4	1 to 4	-6,9	2 to 6	1,8
600	1 to 4	-14,9	1 to 4	-8,4	2 to 6	0,2
700	1 to 4	-16,3	1 to 4	-9,7	2 to 6	-1,0
800	1 to 4	-17,4	1 to 4	-10,9	2 to 6	-2,4
900	1 to 4	-18,5	1 to 4	-12,0	2 to 6	-3,3
1 000	1 to 4	-19,4	1 to 4	-13,0	2 to 6	-4,2

Tableau E.4 – Facteurs de correction de couplage mutuel pour la géométrie utilisant des doublets résonnantes accordables séparés de 3 m

ΔF_{TOT} – Facteur total de correction en décibels		
f_m MHz	Polarisation horizontale $R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2 \text{ m}$ $h_2 = 1 \text{ m à } 4 \text{ m}$	Polarisation verticale $R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$ $h_2 = (\text{voir tableau E.3.})$
30	3,1	2,9
35	4,0	2,6
40	4,1	2,1
45	3,3	1,6
50	2,8	1,5
60	1,0	2,0
70	-0,4	1,5
80	-1,0	0,9
90	-1,0	0,7
100	-1,2	0,1
120	-0,4	-0,2
125	-0,2	-0,2
140	-0,1	0,2
150	-0,9	0,4
160	-1,5	0,5
175	-1,8	-0,2
180	-1,0	-0,4

NOTE 1 Valeurs calculées pour les doublets résonnants en utilisant la méthode des moments et le code NEC (Numerical Electromagnetic Code) ou le système informatique (MININEC).

G.J Burke and A.J. Poggio, *Numerical Electromagnetic Code – Method of Moments*, Lawrence Livermore Laboratory, California, January 1981.

J.W. Rockway, J.C. Logan, D.W.S. Tam, S.T. Li, *The MININEC System: Microcomputer Analysis of Wire Antennas*, Artech House, Boston, 1988.

Berry, J.; Pate, B.; Knight: *Variations in mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements*, Proc. IEEE Sym. on EMC, Washington, DC, 1990.

NOTE 2 On suppose que les facteurs d'antenne sont les facteurs théoriques en espace libre pour les doublets résonnants avec une perte de 0,5 dB pour le symétriseur, pour chaque antenne.

NOTE 3 Ces facteurs de correction ne décrivent pas entièrement les facteurs d'antenne mesurés au-dessus d'un plan de sol, par exemple à des hauteurs de 3 m ou de 4 m, dans la mesure où ces facteurs d'antenne sont différents des facteurs d'antenne en espace libre aux basses fréquences. Toutefois, compte tenu des marges d'erreur données au tableau M, les valeurs sont adéquates pour indiquer les anomalies d'un emplacement.

NOTE 4 On attire l'attention de l'utilisateur sur le fait que certains doublets demi-onde ou certaines antennes équipées de symétriseurs inhabituels peuvent présenter des caractéristiques différentes de celles données en E.5.

NOTE 5 Les facteurs de correction de couplage mutuel pour des distances de 10 m et de 30 m sont à l'étude. A titre provisoire on peut évaluer un emplacement d'essai en considérant que ces facteurs de correction sont égaux à zéro.

**Table E.4 – Mutual coupling correction factors for geometry
using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart**

ΔAF_{TOT} – Total correction factor in decibels		
f_m MHz	Horizontal polarization $R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2 \text{ m}$ $h_2 = 1 \text{ m to } 4 \text{ m}$	Vertical polarization $R = 3 \text{ m}$ $h_1 = 2,75 \text{ m}$ $h_2 = (\text{see table E.3.})$
30	3,1	2,9
35	4,0	2,6
40	4,1	2,1
45	3,3	1,6
50	2,8	1,5
60	1,0	2,0
70	-0,4	1,5
80	-1,0	0,9
90	-1,0	0,7
100	-1,2	0,1
120	-0,4	-0,2
125	-0,2	-0,2
140	-0,1	0,2
150	-0,9	0,4
160	-1,5	0,5
175	-1,8	-0,2
180	-1,0	-0,4

NOTE 1 The values for the resonant dipoles were calculated using the method of moments and the numerical electromagnetic code (NEC) or the MININEC computer system.

G.J. Burke and A.J. Poggio, *Numerical Electromagnetic Code – Method of Moments*, Lawrence Livermore Laboratory, California, January, 1981.

J.W. Rockway, J.C. Logan, D.W.S. Tam, S.T. Li, *The MININEC System: Microcomputer Analysis of Wire Antennas*, Artech House, Boston, 1988.

Berry, J.; Pate, B.; Knight: "Variations in Mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements", Proc IEEE Sym on EMC, Washington, DC, 1990.

NOTE 2 Theoretical free-space antenna factors for ideal resonant dipoles with a 0,5 dB balun loss (for each antenna) are assumed.

NOTE 3 These correction factors do not completely describe antenna factors measured above a ground plane, e.g. at heights of 3 or 4 m, since these antenna factors differ from free-space antenna factors at the lower frequencies. However, within the error bounds described in table M, the values are adequate to indicate site anomalies.

NOTE 4 The user is cautioned that some half-wavelength dipoles or antennas with unusual baluns may exhibit different characteristics than the antenna in E.5.

NOTE 5 Mutual coupling correction factors for 10 m and 30 m are under consideration. As an interim procedure, site adequacy can be assessed by considering these correction factors to be equal to zero.

Annexe F (informative)

Base pour le critère de 4 dB pour l'acceptabilité de l'emplacement (article 5)

F.1 Généralités

La présente annexe donne la base du critère d'acceptabilité de ± 4 dB pour les mesures d'affaiblissement normalisé de l'emplacement, prescrite en 5.6.

F.2 Analyse des erreurs

L'analyse des erreurs dans le tableau F.1 s'applique aux méthodes de mesure d'affaiblissement normalisé de l'emplacement données au 5.6. Les erreurs totales estimées sont la base du critère de ± 4 dB pour l'acceptabilité de l'emplacement, comprenant une incertitude de mesure d'environ 3 dB et 1 dB supplémentaire pour prendre en compte les imperfections de l'emplacement.

Le bilan d'erreur du tableau F.1 ne comprend pas les incertitudes de stabilité d'amplitude du générateur de signaux, du générateur de poursuite ou de tout amplificateur utilisé, et ne comprend pas non plus les erreurs potentielles de la technique de mesure. Le niveau de sortie de la plupart des générateurs de signaux et de poursuite dérive en fonction du temps et de la température, et le gain de beaucoup d'amplificateurs dérive lorsque la température varie. Il est impératif que ces sources d'erreurs soient maintenues à un niveau négligeable, ou soient corrigées lors des mesures, faute de quoi l'emplacement ne satisfait pas aux critères d'acceptabilité uniquement pour des raisons liées aux instruments.

Tableau F.1 – Bilan d'erreur

Cause d'erreur	Méthode de mesure	
	Méthode discrète dB	Méthode par balayage de fréquence dB
Facteur d'antenne (émission)*	± 1	± 1
Facteur d'antenne (réception)*	± 1	± 1
Voltmètre	0	$\pm 1,6^{**}$
Affaibisseur	± 1	0
Imperfections de l'emplacement	± 1	± 1
Totaux	± 4	$\pm 4,6$

* Aux fréquences supérieures à 800 MHz, les erreurs de facteur d'antenne peuvent approcher $\pm 1,5$ dB.

** Extrait du manuel d'utilisation.

Annex F (informative)

Basis for 4 dB site acceptability criterion (clause 5)

F.1 General

This annex shows the basis for the acceptability criterion of ± 4 dB for the normalized site attenuation measurements required in 5.6.

F.2 Error analysis

The error analysis in table F.1 applies to the normalized site attenuation measurement methods given in 5.6. The total estimated errors are the basis for the ± 4 dB site acceptability criterion consisting of approximately 3 dB measurement uncertainty and an additional allowable 1 dB for site imperfections.

The error budget in table F.1 does not include uncertainties in the amplitude stability of the signal generator, tracking generator, or any amplifiers that may be used, nor does it include the potential errors in measurement technique. The output level of most signal and tracking generators will drift with time and temperature, and the gain of many amplifiers will drift as temperature changes. It is imperative that these sources of error be held to an insignificant amount or corrected in making the measurements, otherwise the site may fail to meet the acceptability criterion due to instrumentation problems alone.

Table F.1 – Error budget

Error item	Measurement method	
	Discrete method dB	Sweep frequency method dB
Antenna factor (Tx)*	± 1	± 1
Antenna factor (Rx)*	± 1	± 1
Voltmeter	0	$\pm 1,6^{**}$
Attenuator	± 1	0
Site imperfections	± 1	± 1
Totals	± 4	$\pm 4,6$

* At frequencies above 800 MHz, AF errors may approach $\pm 1,5$ dB.
** From the operating instructions.

En prenant pour exemple les instructions d'utilisation de certains analyseurs de spectre automatiques, si tout est fait pour éliminer ou compenser autant que possible chacune des erreurs potentielles, les erreurs d'amplitude résiduelles sont:

- 1) $\pm 0,2$ dB d'incertitude de l'étalonnage,
- 2) $\pm 1,0$ dB de linéarité de la réponse en fréquence,
- 3) $\pm 1,0$ dB pour la commutation de l'affaiblisseur d'entrée,
- 4) $\pm 0,4$ dB d'incertitude sur le gain RF et en fréquence intermédiaire.

Cela donne une erreur potentielle totale de $\pm 2,6$ dB. Cela ne comprend pas la dérive en température de $\pm 0,05$ dB/K. Dans la pratique, lorsqu'on effectue des mesures de type par substitution, les erreurs associées à la linéarité de la réponse en fréquence et à la commutation de l'affaiblisseur d'entrée sont en général 1 dB plus faibles, et la bande d'erreur totale de l'analyseur de spectre, utilisé en voltmètre à deux bornes, est donc de $\pm 1,6$ dB ou meilleure, valeur utilisée au tableau F.1.

Beaucoup d'affaiblisseurs ont une précision absolue très inférieure, mais certains affaiblisseurs sont meilleurs. Le bilan d'erreur total peut donc être augmenté ou diminué pour les mesures discrètes. Si un affaiblisseur externe est utilisé avec l'analyseur de spectre automatique dans les mesures par balayage de fréquence, ce bilan d'erreur est également augmenté.

Ces bilans d'erreur ne tiennent pas compte des erreurs de dérive dans le temps et en température du gain, du niveau de sortie, ou de la réponse en amplitude des appareils d'essai. De telles erreurs peuvent exister et des précautions doivent être prises pour les éviter en effectuant les mesures le plus rapidement possible.

Dans la pratique, les erreurs prises en compte ci-dessus sont rarement toutes dans le même sens. Un emplacement bien construit et bien situé peut satisfaire au critère des ± 4 dB, tout en présentant une variation d'anomalie de l'emplacement supérieure à ± 1 dB par rapport à la situation idéale.

From the operating instructions for some automatic spectrum analyzers, for example, if everything is done to remove or compensate every potential error as much as possible the remaining amplitude errors are:

- 1) $\pm 0,2$ dB calibrator uncertainty,
- 2) $\pm 1,0$ dB frequency response flatness,
- 3) $\pm 1,0$ dB input attenuator switching,
- 4) $\pm 0,4$ dB RF and IF gain uncertainty.

This gives a total potential error of $\pm 2,6$ dB. This does not include $\pm 0,05$ dB/K temperature drift. In practice, when performing substitution type measurements the errors associated with the frequency response flatness and input attenuator switching are usually 1 dB less, so that the total error band for the spectrum analyzer as a two-terminal voltmeter is $\pm 1,6$ dB or less, which is used in table F.1.

Many attenuators have far poorer absolute accuracy, but some are better. The total error budget could thus be increased or decreased in the discrete measurements. If an external attenuator is used with the automatic spectrum analyzer in the swept frequency measurements this error budget is also increased.

These error budgets do not contain errors from time and temperature induced drifts of the gains, output levels, or amplitude responses of the test equipment. Such errors may exist and steps shall be taken to avoid them by making the measurements as rapidly as possible.

In practice, the errors accounted for above seldom are all in the same direction. Meeting the ± 4 dB criterion for a well constructed and located site may actually allow more than ± 1 dB site anomaly variation from ideal.

IEC 60068-2-29



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland



<p>Q1 Please report on ONE STANDARD and ONE STANDARD ONLY. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)</p> <p>.....</p>	<p>Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (<i>tick all that apply</i>)</p> <p>standard is out of date <input type="checkbox"/> standard is incomplete <input type="checkbox"/> standard is too academic <input type="checkbox"/> standard is too superficial <input type="checkbox"/> title is misleading <input type="checkbox"/> I made the wrong choice <input type="checkbox"/> other</p>
<p>Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (<i>tick all that apply</i>). I am the/a:</p> <p>purchasing agent <input type="checkbox"/> librarian <input type="checkbox"/> researcher <input type="checkbox"/> design engineer <input type="checkbox"/> safety engineer <input type="checkbox"/> testing engineer <input type="checkbox"/> marketing specialist <input type="checkbox"/> other</p>	<p>Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers: (1) unacceptable, (2) below average, (3) average, (4) above average, (5) exceptional, (6) not applicable</p> <p>timeliness</p> <p>quality of writing.....</p> <p>technical contents.....</p> <p>logic of arrangement of contents</p> <p>tables, charts, graphs, figures.....</p> <p>other</p>
<p>Q3 I work for/in/as a: (<i>tick all that apply</i>)</p> <p>manufacturing <input type="checkbox"/> consultant <input type="checkbox"/> government <input type="checkbox"/> test/certification facility <input type="checkbox"/> public utility <input type="checkbox"/> education <input type="checkbox"/> military <input type="checkbox"/> other</p>	<p>Q8 I read/use the: (<i>tick one</i>)</p> <p>French text only <input type="checkbox"/> English text only <input type="checkbox"/> both English and French texts <input type="checkbox"/></p>
<p>Q4 This standard will be used for: (<i>tick all that apply</i>)</p> <p>general reference <input type="checkbox"/> product research <input type="checkbox"/> product design/development <input type="checkbox"/> specifications <input type="checkbox"/> tenders <input type="checkbox"/> quality assessment <input type="checkbox"/> certification <input type="checkbox"/> technical documentation <input type="checkbox"/> thesis <input type="checkbox"/> manufacturing <input type="checkbox"/> other</p>	<p>Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Q5 This standard meets my needs: (<i>tick one</i>)</p> <p>not at all <input type="checkbox"/> nearly <input type="checkbox"/> fairly well <input type="checkbox"/> exactly <input type="checkbox"/></p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC +41 22 919 03 00**

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse



<p>Q1 Veuillez ne mentionner qu'UNE SEULE NORME et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)</p> <p>.....</p>	<p>Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins: <i>(une seule réponse)</i></p> <p>pas du tout <input type="checkbox"/> à peu près <input type="checkbox"/> assez bien <input type="checkbox"/> parfaitement <input type="checkbox"/></p>
<p>Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? <i>(cochez tout ce qui convient)</i> Je suis le/un:</p> <p>agent d'un service d'achat <input type="checkbox"/> bibliothécaire <input type="checkbox"/> chercheur <input type="checkbox"/> ingénieur concepteur <input type="checkbox"/> ingénieur sécurité <input type="checkbox"/> ingénieur d'essais <input type="checkbox"/> spécialiste en marketing <input type="checkbox"/> autre(s)</p>	<p>Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: <i>(cochez tout ce qui convient)</i></p> <p>la norme a besoin d'être révisée <input type="checkbox"/> la norme est incomplète <input type="checkbox"/> la norme est trop théorique <input type="checkbox"/> la norme est trop superficielle <input type="checkbox"/> le titre est équivoque <input type="checkbox"/> je n'ai pas fait le bon choix <input type="checkbox"/> autre(s)</p>
<p>Q3 Je travaille: <i>(cochez tout ce qui convient)</i></p> <p>dans l'industrie <input type="checkbox"/> comme consultant <input type="checkbox"/> pour un gouvernement <input type="checkbox"/> pour un organisme d'essais/ certification <input type="checkbox"/> dans un service public <input type="checkbox"/> dans l'enseignement <input type="checkbox"/> comme militaire <input type="checkbox"/> autre(s)</p>	<p>Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres (1) inacceptable, (2) au-dessous de la moyenne, (3) moyen, (4) au-dessus de la moyenne, (5) exceptionnel, (6) sans objet</p> <p>publication en temps opportun qualité de la rédaction contenu technique disposition logique du contenu tableaux, diagrammes, graphiques, figures autre(s)</p>
<p>Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme <i>(cochez tout ce qui convient)</i></p> <p>ouvrage de référence <input type="checkbox"/> une recherche de produit <input type="checkbox"/> une étude/développement de produit <input type="checkbox"/> des spécifications <input type="checkbox"/> des soumissions <input type="checkbox"/> une évaluation de la qualité <input type="checkbox"/> une certification <input type="checkbox"/> une documentation technique <input type="checkbox"/> une thèse <input type="checkbox"/> la fabrication <input type="checkbox"/> autre(s)</p>	<p>Q8 Je lis/utilise: <i>(une seule réponse)</i></p> <p>uniquement le texte français <input type="checkbox"/> uniquement le texte anglais <input type="checkbox"/> les textes anglais et français <input type="checkbox"/></p>
<p>Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:</p> <p>.....</p>	



Document ID: IEC 60068-2-27 Ed. 2.1

ISBN 2-8318-7468-8

A standard linear barcode representing the ISBN number 2-8318-7468-8.

9 782831 874685

ICS 33.100.10; 33.100.20

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

...-...-...-...-...-...-...-...-...-