

COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
16-2

Edition 1.2

2002-10

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

Edition 1:1996 consolidée par les amendements 1:1999 et 2:2002
Edition 1:1996 consolidated with amendments 1:1999 and 2:2002

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

**Spécification pour les appareils et méthodes
de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité –**

**Partie 2:
Méthodes de mesure des perturbations
et de l'immunité**

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

**Part 2:
Methods of measurement of disturbances
and immunity**



Numéro de référence
Reference number
CISPR 16-2:1996+A1:1999+A2:2002

Révision de la présente publication

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

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

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

Terminologie utilisée dans la présente publication

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

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Revision of this publication

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

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

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

Terminology used in this publication

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

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

For terms on radio interference, see Chapter 902.

Graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
16-2

Edition 1.2

2002-10

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

Edition 1:1996 consolidée par les amendements 1:1999 et 2:2002
Edition 1:1996 consolidated with amendments 1:1999 and 2:2002

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

**Spécification pour les appareils et méthodes
de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité –**

**Partie 2:
Méthodes de mesure des perturbations
et de l'immunité**

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

**Part 2:
Methods of measurement of disturbances
and immunity**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
--------------------	---

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application	6
1.2 Références normatives	6
1.3 Définitions	6

SECTION 2: MESURE DES PERTURBATIONS

2.1 Types de perturbations à mesurer	12
2.2 Connexion du matériel de mesure	14
2.3 Exigences et conditions générales de mesure	16
2.4 Mesure des perturbations conduites par les câbles, de 9 kHz à 30 MHz	20
2.5 Mesure à l'aide d'une pince absorbante (entre 30 MHz et 1 000 MHz)	50
2.6 Mesure des perturbations rayonnées	52

SECTION 3: MESURE DE L'IMMUNITÉ

3.1 Critères pour les essais d'immunité et procédures générales de mesure	86
3.2 Méthode de mesure de l'immunité pour les signaux conduits	92
3.3 Méthode de mesure de l'immunité au champ électrique perturbateur rayonné	94

SECTION 4: MESURE AUTOMATISÉE

4.1 Mesure automatisée	108
------------------------------	-----

SECTION 5: FACTEURS INFLUENÇANT LA PRÉCISION DE MESURE

5.1 Facteurs influençant la précision de mesure	108
---	-----

Figures 1 à 23	112 à 152
----------------------	-----------

Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif (voir 2.2)	154
---	-----

Annexe B (informative) Utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage (voir article 2.3)	170
--	-----

Annexe C (informative) Contexte historique de la méthode de mesure du pouvoir perturbateur des appareils électrodomestiques et des appareils analogues dans la gamme des ondes métriques (voir article 3.1)	176
---	-----

Annexe D (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures en conduction (voir 2.4.2.1)	180
--	-----

Annexe E (informative) Mesure des perturbations en présence d'émissions ambiantes	184
---	-----

CONTENTS

FOREWORD	5
----------------	---

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope	7
1.2 Normative references	7
1.3 Definitions	7

SECTION 2: DISTURBANCE MEASUREMENTS

2.1 Types of disturbance to be measured	13
2.2 Connection of measuring equipment	15
2.3 General measurement requirements and conditions	17
2.4 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz	21
2.5 Measurements using the absorbing clamp, 30 MHz to 1 000 MHz	51
2.6 Measurement of radiated disturbances	53

SECTION 3: IMMUNITY MEASUREMENTS

3.1 Immunity test criteria and general measurement procedures	87
3.2 Method of measurement of immunity for conducted signals	93
3.3 Method of measurement of immunity to radiated electric field interference	95

SECTION 4: AUTOMATED MEASUREMENTS

4.1 Automated measurements	109
----------------------------------	-----

SECTION 5: FACTORS INFLUENCING MEASUREMENT ACCURACY

5.1 Factors influencing measurement accuracy	109
--	-----

Figures 1 to 23	113 to 153
-----------------------	------------

Annex A (informative) Guidelines to connection of electrical equipment to the artificial mains network (see 2.2)	155
---	-----

Annex B (informative) Use of spectrum analyzers and scanning receivers (see clause 2.3)	171
--	-----

Annex C (informative) Historical background to the method of measurement of the interference power produced by electrical household and similar appliances in the VHF rang (see clause 3.1)	177
---	-----

Annex D (informative) Decision tree for use of detectors for conducted measurements (see 2.4.2.1)	181
--	-----

Annex E (informative) Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions	185
---	-----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**SPÉCIFICATION POUR LES APPAREILS ET MÉTHODES DE MESURE
DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ –**

Partie 2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité

AVANT-PROPOS

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

La présente norme a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesure de perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

La présente version consolidée du CISPR 16-2 est issue de la première édition (1996) [documents CISPR/A(BC)66+73+74 et CISPR/A/260/RVD, CISPR/A(BC)85+86], de son amendement 1 (1999) [documents CISPR/A/241/FDIS et CISPR/A/249/RVD] et de son amendement 2 (2002) [documents CISPR/A/375/FDIS et CISPR/A/396/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

Il est prévu de modifier cette publication du CISPR ultérieurement, selon l'expérience acquise au cours de son application.

Les annexes A, B, C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CISPR 16-1.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2003. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

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

Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity

FOREWORD

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

This standard has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio interference measurements and statistical methods.

This consolidated version of CISPR 16-2 is based on the first edition (1996) [documents CISPR/A(CO)66+73+74 and CISPR/A/260/RVD, CISPR/A(CO)85+86], its amendment 1 (1999) [documents CISPR/A/241/FDIS and CISPR/A/249/RVD] and its amendment 2 (2002) [documents CISPR/A/375/FDIS and CISPR/A/396/RVD].

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

This CISPR publication is expected to be amended in the future, as dictated by experience gained from its use.

Annexes A, B, C, D and E are for information only.

This standard should be read in conjunction with CISPR 16-1.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be

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

SPÉCIFICATION POUR LES APPAREILS ET MÉTHODES DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ –

Partie 2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la publication 16 du CISPR spécifie les méthodes de mesure des phénomènes de compatibilité électromagnétique dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 18 GHz.

1.2 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).

CEI 60083:1975, *Prises de courant pour usage domestique et usage général similaire – Normes*

CEI 60364-4: *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité*

CISPR 11:1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

CISPR 13:1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbation radioélectrique des récepteurs de radiodiffusion et de télévision et équipements associés*

CISPR 14:1985, *Limites et méthodes de mesure des perturbations radioélectriques produites par les appareils électrodomestiques, par les outils portatifs et par les appareils électriques similaires*

CISPR 14:1993, *Limites et méthodes de mesure des perturbations radioélectriques produites par les appareils électrodomestiques ou analogues comportant des moteurs ou des dispositifs thermiques, par les outils électriques et par les appareils électriques analogues*

CISPR 16-1:1993, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

UIT-R 468: *Mesure du niveau de tension des bruits audiofréquence en radiodiffusion sonore*

1.3 Définitions

Pour cette partie de la CISPR 16, les définitions de la CEI 60050(161) s'appliquent, ainsi que les définitions suivantes:

1.3.1

matériel associé

- 1) Transducteurs (par exemple, sondes, réseaux, antennes) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur d'essai
- 2) Transducteurs (par exemple, sondes, réseaux, antennes) utilisés dans la transmission du signal ou de la perturbation, entre un matériel en essai et un matériel de mesure ou un générateur d'essai

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity

Section 1: General

1.1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the methods of measurement of EMC phenomena in the frequency range 9 kHz to 18 GHz.

1.2 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.

IEC 60083:1975, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use – Standards*

IEC 60364-4: *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety*

CISPR 11:1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

CISPR 13:1990, *Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of sound and television broadcast receivers and associated equipment*

CISPR 14:1985, *Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of household electrical appliances, portable tools and similar electrical apparatus*

CISPR 14:1993, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical motor-operated and thermal appliances for household and similar purposes, electric tools and electric apparatus*

CISPR 16-1:1993, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

ITU-R 468, *Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting*

1.3 Definitions

For the purpose of this part of CISPR 16, the definitions of IEC 60050(161) apply, as well as the following:

1.3.1

associated equipment

- 1) Transducers (e.g. probes, networks and antennas) connected to a measuring receiver or test generator
- 2) Transducers (e.g. probes, networks, antennas) which are used in the signal or disturbance transfer between an EUT and measuring equipment or a (test-) signal generator

1.3.2

matériel en essai

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

1.3.3

publication de produits

publication spécifiant des exigences de CEM pour un produit ou une famille de produits et prenant en compte les aspects spécifiques de ce produit ou de cette famille de produits

1.3.4

limite d'émission (d'une source perturbatrice)

valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique [VEI 161-03-12]

1.3.5

limite d'immunité

valeur minimale spécifiée du niveau d'immunité [VEI 161-03-15]

1.3.6

masse de référence

connexion qui constitue une capacité parasite définie entre un matériel en essai et son environnement et qui est utilisée comme potentiel de référence

NOTE Voir également VEI 161-04-36.

1.3.7

émission (électromagnétique)

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur [VEI 161-01-08]

1.3.8

immunité (à une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un matériel ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique [VEI 161-01-20]

1.3.9

câble coaxial

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un matériel associé et le matériel de mesure ou le générateur d'essai et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert maximale tolérable spécifiée

1.3.10

mode commun (tension perturbatrice non symétrique)

tension RF entre le point milieu fictif de deux conducteurs d'une ligne et la référence de sol, ou dans le cas d'un faisceau de lignes, la tension perturbatrice RF effective de l'ensemble du faisceau (somme vectorielle de tension non symétriques) par rapport à la référence de sol, mesurée avec une pince (transformateur de courant) pour une impédance de terminaison définie

NOTE Voir également VEI 161-04-09.

1.3.11

courant de mode commun

somme vectorielle des courants traversant deux ou plusieurs conducteurs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

1.3.2

EUT

the equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission and immunity) compliance tests

1.3.3

product publication

publication specifying EMC requirements for a product or product family, taking into account specific aspects of such a product or product family

1.3.4

emission limit (from a disturbing source)

the specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance [IEV 161-03-12]

1.3.5

immunity limit

the specified minimum immunity level [IEV 161-03-15]

1.3.6

ground reference

a connection that constitutes a defined parasitic capacitance to the surrounding of an EUT and serves as reference potential

NOTE See also IEC 161-04-36.

1.3.7

(electromagnetic) emission

the phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source [IEV 161-01-08]

1.3.8

Immunity (to a disturbance)

the ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance [IEV 161-01-20]

1.3.9

coaxial cable

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

1.3.10

common mode (asymmetrical disturbance voltage)

the RF voltage between the artificial midpoint of a two-conductor line and reference ground, or in case of a bundle of lines, the effective RF disturbance voltage of the whole bundle (vector sum of the unsymmetrical voltages) against the reference ground measured with a clamp (current transformer) at a defined terminating impedance

NOTE See also IEC 161-04-09.

1.3.11

common mode current

the vector sum of the currents flowing through two or more conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

1.3.12

tension en mode différentiel; tension différentielle

tension perturbatrice RF entre les fils d'une ligne à deux conducteurs [VEI 161-04-08, modifié]

1.3.13

courant en mode différentiel

demi-différence vectorielle des courants circulant dans deux conducteurs quelconques d'un ensemble spécifié de conducteurs actifs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

1.3.14

mode non symétrique (tension aux bornes d'un réseau en V)

tension entre un conducteur ou la borne d'un dispositif, d'un matériel ou d'un système et une référence de sol spécifiée. Dans le cas d'un réseau à deux accès, les deux tensions non symétriques sont données par:

- a) la somme vectorielle de la tension en mode commun et de la moitié de la tension différentielle;
- b) la différence vectorielle entre la tension en mode commun et la moitié de la tension différentielle.

NOTE Voir également VEI 161-04-13.

1.3.15

récepteur de mesure

récepteur pour la mesure des perturbations équipé de différents détecteurs

NOTE Le récepteur est spécifié conformément à la CISPR 16-1.

1.3.16

configuration d'essai

disposition de mesure spécifiée pour le matériel en essai permettant la mesure d'un niveau d'émission ou d'immunité

NOTE Le niveau d'émission ou le niveau d'immunité est mesuré conformément aux définitions VEI 161-03-11, VEI 161-03-12, VEI 161-03-14 et VEI 161-03-15.

1.3.17

réseau fictif (AN)

impédance de charge de référence conventionnelle (simulation) présentée au matériel en essai par les réseaux réels (par exemple lignes longues d'alimentation électrique ou de communication), aux bornes de laquelle on mesure la tension perturbatrice RF

1.3.18

réseau fictif d'alimentation (AMN)

réseau inséré dans le circuit d'alimentation en énergie électrique d'un matériel en essai, qui fournit, dans une gamme de fréquences donnée, une impédance de charge spécifiée pour mesurer des tensions perturbatrices et qui peut isoler le matériel du réseau d'alimentation aux fréquences de la gamme donnée [VEI 161-04-05]

1.3.19

pondération (détection quasi-crête)

conversion, dépendante du taux de répétition, des tensions impulsives de crête en une indication correspondant à la gêne psychophysique des perturbations impulsives (acoustiques ou visuelles), selon les caractéristiques de pondération ou, comme alternative, manière spécifiée par laquelle on évalue un niveau d'émission ou un niveau d'immunité

NOTE 1 Les caractéristiques de pondération sont spécifiées dans la CISPR 16-1.

NOTE 2 Le niveau d'émission ou le niveau d'immunité est évalué conformément aux définitions des niveaux de la CEI 60050(161) (voir VEI 161-03-01, VEI 161-03-11 et VEI 161-03-14).

1.3.12

differential mode voltage; symmetrical voltage

the RF disturbance voltage between the wires of a two conductor line [IEV 161-04-08, modified]

1.3.13

differential mode current

half the vector difference of the currents flowing in any two of a specified set of active conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

1.3.14

unsymmetrical mode (V-terminal voltage)

the voltage between a conductor or terminal of a device, equipment or system and a specified ground reference. For the case of a two-port network, the two unsymmetrical voltages are given by:

- a) the vector sum of the asymmetrical voltage and half of the symmetrical voltage; and
- b) the vector difference between the asymmetrical voltage and half of the symmetrical voltage.

NOTE See also IEC 161-04-13.

1.3.15

measuring receiver

a receiver for the measurement of disturbances with different detectors

NOTE The receiver is specified according to CISPR 16-1

1.3.16

test configuration

gives the specified measurement arrangement of the EUT in which an emission or immunity level is measured

NOTE The emission level or immunity level is measured as required by IEC 161-03-11, IEC 161-03-12, IEC 161-03-14 and IEC 161-03-15, definitions of emission level and immunity level.

1.3.17

artificial network (AN)

an agreed reference load (simulation) impedance presented to the EUT by actual networks (e.g., extended power or communication lines) across which the RF disturbance voltage is measured

1.3.18

artificial mains network (AMN)

a network inserted in the supply mains lead of apparatus to be tested which provides, in a given frequency range, a specified load impedance for the measurement of disturbance voltages and which may isolate the apparatus from the supply mains in that frequency range [IEV 161-04-05]

1.3.19

weighting (quasi-peak detection)

the repetition-rate dependent conversion of the peak-detected pulse voltages to an indication corresponding to the psychophysical annoyance of pulsive disturbances (acoustically or visually) according to the weighting characteristics, or alternatively gives the specified manner in which an emission level or an immunity level is evaluated

NOTE 1 The weighting characteristics are specified in CISPR 16-1.

NOTE 2 The emission level or immunity level is evaluated as required by IEC 60050(161) definitions of level (see IEC 161-03-01, IEC 161-03-11 and IEC 161-03-14).

1.3.20

perturbation continue

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une augmentation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection quasi-crête, qui ne décroît pas immédiatement [VEI 161-02-11, modifié]

NOTE Le récepteur de mesure est spécifié dans la CISPR 16-1.

1.3.21

perturbation discontinue

pour les claquements comptés, perturbation de durée inférieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une augmentation transitoire sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection quasi-crête

NOTE 1 Pour les perturbations impulsives, voir VEI 161-02-08.

NOTE 2 Le récepteur de mesure est spécifié dans la CISPR 16-1.

Section 2: Mesure des perturbations

2.1 Types de perturbations à mesurer

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

2.1.1 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques dépendantes de la distribution spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'estimation et de la mesure des perturbations radioélectriques, on effectue une distinction entre les types de perturbations suivants:

- a) *perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, comme par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM, constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure, par opposition à b);
- b) *perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie spectrale s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure; et
- c) *perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, comme par exemple les thermostats ou programmeurs avec un taux de répétition inférieur à 1 Hz (taux de claquement inférieur à 30 par min).

Les spectres de fréquences de b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions répétées, les deux spectres étant caractérisés par une bande de fréquences plus large que celle du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1.

1.3.20

continuous disturbance

RF disturbance with a duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode which does not decrease immediately [IEV 161-02-11, modified]

NOTE The measuring receiver is specified in CISPR 16-1.

1.3.21

discontinuous disturbance

for counted clicks, disturbance with a duration of less than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a transient deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode

NOTE 1 For impulsive disturbance, see IEV 161-02-08.

NOTE 2 The measuring receiver is specified in CISPR 16-1.

Section 2: Disturbance measurements

2.1 Types of disturbance to be measured

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

2.1.1 Types of disturbance

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

- a) *narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth in contrast to b);
- b) *broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which have a repetition frequency which is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and
- c) *broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

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

2.1.2 Fonctions de détection

En fonction du type de perturbation, il est possible d'effectuer les mesures au moyen d'un récepteur équipé des détecteurs suivants:

- a) détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour la mesure des perturbations à bande étroite et des signaux, en particulier pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) détecteur de quasi-crête utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) détecteur de crête susceptible d'être utilisé pour la mesure des perturbations soit à large bande, soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1.

2.2 Connexion du matériel de mesure

Le présent paragraphe décrit la connexion du matériel de mesure, des récepteurs de mesure et des matériels associés tels que réseaux fictifs, sondes de tension et de courant, pinces absorbantes et antennes.

2.2.1 Connexion du matériel associé

Le câble de connexion entre le récepteur de mesure et le matériel associé doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure.

La sortie du matériel associé doit être fermée par l'impédance prescrite.

2.2.2 Connexions à la masse de référence RF

Le réseau fictif (AMN) doit être connecté à la masse de référence par une faible impédance RF, par exemple en reliant directement le boîtier du réseau AMN à la masse de référence ou au mur de référence d'une cage de Faraday, ou avec un conducteur de faible impédance aussi court et large que possible en pratique (le rapport de la longueur sur la largeur doit être inférieur ou égal à 3).

Les mesures de tension aux bornes doivent être uniquement effectuées par rapport à la masse de référence. Les boucles de masse (couplage d'impédance de raccordement) doivent être évitées. Il convient également d'observer ceci pour les matériels de mesure (par exemple récepteurs de mesure et matériels associés connectés, tels qu'oscilloscope, analyseur, enregistreur, etc.) équipés d'un conducteur de terre de protection (PE) de classe de protection I. Si la connexion PE du matériel de mesure et celle du réseau d'alimentation n'ont pas d'isolation RF par rapport à la masse de référence, l'isolation RF nécessaire doit être fournie au moyen de bobines d'arrêt et transformateurs d'isolement par exemple, ou le cas échéant, en alimentant le matériel de mesure à partir de batteries, de manière que la connexion RF du matériel de mesure à la masse de référence se fasse par une seule voie.

Pour le traitement de la connexion PE du matériel en essai à la masse de référence, voir A.4.

Les configurations d'essai fixes ne nécessitent pas de connexion au conducteur de terre de protection si la masse de référence est connectée directement et satisfait aux exigences de sécurité relatives aux conducteurs de terre de protection (connexions PE).

2.1.2 Detector functions

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

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also usable for narrowband disturbance;
- c) a peak detector which may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

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

2.2 Connection of measuring equipment

This subclause describes the connection of measuring equipment, measuring receivers and associated equipment such as artificial networks, voltage and current probes, absorbing clamps and antennas.

2.2.1 Connection of associated equipment

The connecting cable between the measuring receiver and the associated equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver.

The output of the associated equipment shall be terminated with the prescribed impedance.

2.2.2 Connections to RF reference ground

The artificial mains network (AMN) shall be connected to the reference ground by a low RF impedance, e.g. by direct bonding of the case of the AMN to the reference ground or reference wall of a shielded room, or with a low impedance conductor as short and as wide as practical (maximum length to width ratio is 3:1).

Terminal voltage measurements shall be referenced only to the reference ground. Ground loops (common impedance coupling) shall be avoided. This should also be observed for measuring apparatus (e.g. measuring receivers and connected associated equipment, such as oscilloscopes, analyzers, recorders, etc.) fitted with a protective earth conductor (PE) of Protection Class I equipment. If the PE connection of the measuring apparatus and the PE connection of the power mains to the reference ground do not have RF isolation from the reference ground, the necessary RF isolation shall be provided by means such as RF chokes and isolation transformers, or if applicable, by powering the measuring apparatus from batteries, so that the RF connection of the measuring apparatus to the reference ground is made via only one route.

For the treatment of PE connection of the EUT to the reference ground, see clause A.4.

Stationary test configurations do not require a connection with the protective earth conductor if the reference ground is connected directly and meets the safety requirements for protective earth conductors (PE connections).

2.2.3 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif d'alimentation

Les grandes lignes concernant le choix des connexions du matériel en essai au réseau AMN, avec ou sans mise à la masse, sont exposées à l'annexe A.

2.3 Exigences et conditions générales de mesure

La mesure de perturbations radioélectriques doit être:

- a) reproductible, c'est-à-dire indépendante de son emplacement et de l'environnement, spécialement du bruit ambiant;
- b) dénuée d'interactions, c'est-à-dire que la connexion du matériel en essai au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement du matériel en essai ni la précision du matériel de mesure.

Ces exigences sont susceptibles d'être satisfaites si l'on observe les conditions suivantes:

- c) existence d'un rapport signal-bruit suffisant au niveau de mesure souhaité, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- d) définition de l'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement du matériel en essai;
- e) dans le cas de mesure avec une sonde de tension, présence d'une impédance suffisamment élevée au niveau du point de mesure;
- f) dans le cas de l'utilisation d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à balayage, ses exigences spécifiques de fonctionnement et d'étalonnage doivent faire l'objet d'une attention particulière.

2.3.1 Perturbation non produite par le matériel à l'essai

Le rapport signal/bruit de mesure, par rapport aux conditions ambiantes, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit parasite dépasse le niveau requis, il doit être enregistré dans le rapport d'essai.

2.3.1.1 Essais de conformité

Un emplacement d'essai doit permettre de distinguer les émissions du matériel en essai du bruit ambiant. Il convient que le bruit ambiant soit de préférence de 20 dB, mais au moins de 6 dB inférieur au niveau de mesure souhaité. Pour la condition de 6 dB, le niveau de perturbation apparent venant du matériel en essai est augmenté d'une valeur pouvant atteindre 3,5 dB. Il est possible de déterminer l'aptitude de l'emplacement pour le niveau ambiant requis en effectuant une mesure du niveau de bruit ambiant avec le matériel d'essai en place mais hors fonctionnement.

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

NOTE Si le champ ambiant et le champ ambiant en présence du matériel en essai sont mesurés séparément, il est possible éventuellement de fournir une estimation du champ du matériel en essai avec un niveau d'incertitude quantifiable. L'annexe E et l'annexe C de la CISPR 11 font référence à ce point.

2.3.2 Mesure d'une perturbation continue

2.3.2.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du matériel de mesure doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

2.2.3 Connection between the EUT and the artificial mains network

General guidelines for the selection of grounded and non-grounded connections of the EUT to the AMN are discussed in annex A.

2.3 General measurement requirements and conditions

Radio disturbance measurements shall be:

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

These requirements may be met by observing the following conditions:

- c) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- d) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT;
- e) having a sufficiently high impedance of the probe at the measuring point, in the case of voltage probe measurements;
- f) when using a spectrum analyzer or scanning receiver due considerations shall be given to its particular operating and calibration requirements.

2.3.1 Disturbance not produced by the equipment under test

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

2.3.1.1 Compliance testing

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

In the case of compliance measurement according to a limit, the ambient noise level is permitted to exceed the preferred –6 dB level provided that the level of both ambient noise and source emanation combined does not exceed the specified limit. The EUT is then considered to meet the limit. Other actions can also be taken; for example, reduce the bandwidth for narrowband signals and/or move the antenna closer to the EUT.

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

2.3.2 Measurement of continuous disturbance

2.3.2.1 Narrowband continuous disturbance

The measuring set shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation and returned if the frequency fluctuates.

2.3.2.2 Perturbation continue à large bande

Pour estimer une perturbation continue à large bande dont le niveau n'est pas stable, on doit trouver la valeur maximale reproductible de la mesure. Voir 2.3.4.1 pour plus de détails.

2.3.2.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à balayage sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire le temps de mesure. Il faut cependant accorder une attention particulière à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de balayage en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, la précision en amplitude et la détection crête, de valeur moyenne et quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées en annexe B.

2.3.3 Conditions de fonctionnement du matériel en essai

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions suivantes:

2.3.3.1 Conditions de charge normales

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

2.3.3.2 Durée de fonctionnement

La durée de fonctionnement, dans le cas des matériels en essai à durée de fonctionnement nominal donnée, doit être conforme au marquage; dans tous les autres cas, le temps n'est pas limité.

2.3.3.3 Durée de fonctionnement préalable

Aucune durée de fonctionnement préalable particulière n'est spécifiée mais, avant d'effectuer les mesures, le matériel en essai doit avoir fonctionné pendant un temps suffisant pour que ses modes et conditions de fonctionnement soient représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie normale du matériel. Pour certains matériels, il est possible que des conditions d'essai spéciales soient prescrites dans les publications applicables.

2.3.3.4 Alimentation

Le matériel en essai doit être alimenté à sa tension assignée. Si le niveau de perturbation varie considérablement avec la tension d'alimentation, les mesures doivent être répétées pour des tensions d'alimentation sur la plage comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée. Les matériels prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être mesurés à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale.

2.3.3.5 Mode de fonctionnement

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

2.3.4 Interprétation des résultats de mesure

2.3.4.1 Perturbations continues

- a) Si le niveau de perturbations n'est pas stable, la lecture sur le récepteur de mesure est observée pendant au moins 15 s pour chaque mesure; les lectures les plus élevées doivent être enregistrées, à l'exception de tout claquement isolé qui doit être ignoré (voir 4.2 de la CISPR 14).

2.3.2.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance the level of which is not steady, the maximum reproducible measurement value shall be found. See 2.3.4.1 for further details.

2.3.2.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

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

2.3.3 Operating conditions of the EUT

The EUT shall be operated under the following conditions:

2.3.3.1 Normal load conditions

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

2.3.3.2 The time of operation

The time of operation shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking; in all other cases, the time is not restricted.

2.3.3.3 Running-in time

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

2.3.3.4 Supply

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

2.3.3.5 Mode of operation

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

2.3.4 Interpretation of measuring results

2.3.4.1 Continuous disturbance

- a) If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement; the highest readings shall be recorded, with the exception of any isolated clicks, which shall be ignored (see 4.2 of CISPR 14).

- b) Si le niveau général de perturbations n'est pas stable mais présente une augmentation ou une diminution continue supérieure à 2 dB pendant une période de 15 s, alors les niveaux de tension perturbatrice doivent être observés pendant une période plus longue et doivent être interprétés en fonction des conditions normales d'utilisation du matériel en essai, comme suit:
 - 1) si le matériel en essai est susceptible d'être allumé ou éteint fréquemment ou si le sens de la rotation peut être inversé, il convient alors, à chaque fréquence de mesure, d'allumer ou d'inverser le matériel en essai juste avant chaque mesure, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximal obtenu durant la première minute, à chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;
 - 2) si le matériel en essai est habituellement utilisé pendant de plus longues durées, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai; on doit enregistrer, à chaque fréquence, le niveau de perturbations mais seulement après avoir obtenu une lecture stable (soumise aux dispositions de a).
- c) Si la nature des perturbations du matériel en essai passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, le matériel en essai doit alors être soumis à des essais conformément à b).
- d) Les mesures sont effectuées sur le spectre complet et enregistrées au moins à la fréquence qui offre la lecture la plus grande, comme requis dans la publication CISPR.

2.3.4.2 Perturbations discontinues

La mesure des perturbations discontinues peut être effectuée à un nombre restreint de fréquences. Pour plus de détails, voir la CISPR 14.

2.3.4.3 Mesure de la durée des perturbations

Le matériel en essai est connecté au réseau fictif approprié. Si le matériel de mesure est disponible, il est connecté au réseau et un oscilloscope est connecté à la sortie en fréquence intermédiaire du matériel de mesure. S'il n'y a pas de récepteur disponible, l'oscilloscope est connecté directement au réseau. La base de temps de l'oscilloscope peut être déclenchée par les perturbations à mesurer; la vitesse de la base de temps est choisie entre 1 ms/div et 10 ms/div pour les matériels en essai à commutation instantanée et entre 10 ms/div et 200 ms/div pour les autres matériels en essai. La durée de la perturbation peut être soit enregistrée directement par un oscilloscope à mémoire ou un oscilloscope numérique, soit par photographie ou reproduction de l'écran.

2.4 Mesure des perturbations conduites par les câbles, de 9 kHz à 30 MHz

2.4.1 Introduction

Lors des essais de conformité aux limites de perturbations électromagnétiques conduites le long de câbles, les points suivants doivent être considérés comme un minimum, à la fois en situation normalisée (essais de type) et à l'endroit de l'installation (essais *in situ*):

- a) *types de perturbations*: il existe deux méthodes de mesure des perturbations conduites, soit en tant que tension (méthode la plus répandue pour les mesures CISPR) soit en tant que courant. Les deux méthodes peuvent être utilisées pour mesurer les trois types de perturbations conduites, c'est-à-dire:

- mode commun (également appelé mode non symétrique)
- mode différentiel (également appelé mode symétrique)
- mode non symétrique

NOTE La tension en mode non symétrique est principalement mesurée au niveau du réseau. La tension en mode commun (ou le courant) est mesurée principalement pour les lignes de signaux et de commande.

- b) *appareils de mesure*: le type d'appareil de mesure est choisi en fonction des propriétés de perturbation à déterminer (voir 2.4.2);

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

2.3.4.2 Discontinuous disturbance

Measurement of discontinuous disturbance may be performed at a restricted number of frequencies. For further details, see CISPR 14.

2.3.4.3 Measurement of the duration of disturbances

The EUT is connected to the relevant artificial mains network. If a measuring set is available, it is connected to the network and a cathode-ray oscilloscope is connected to the i.f. output of the measuring set. If a receiver is not available, the oscilloscope is connected directly to the network. The time base of the oscilloscope can be started by the disturbances to be tested; the time base is set to a value of 1 ms/div – 10 ms/div for EUT with instantaneous switching and 10 ms/div – 200 ms/div for other EUT. The duration of the disturbance can either be recorded directly by a storage oscilloscope or digital oscilloscope or by photograph or hard copy recording of the screen.

2.4 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz

2.4.1 Introduction

When testing for compliance with emission limits for electromagnetic disturbances conducted along leads, the following items shall be considered as minimum, both in the standardized situation (type tests) and at the place of installation (*in situ* tests):

- a) *the types of disturbances*: there are two methods of measuring conducted disturbances, either as a voltage (prevailing method for CISPR measurements) or as a current. Both methods can be used to measure the three types of conducted disturbances, i.e:
- common mode (also called asymmetrical mode)
 - differential mode (also called symmetrical mode)
 - unsymmetrical mode

NOTE The unsymmetrical mode voltage is primarily measured at the mains network. The common mode voltage (or current) is measured primarily for signal and control lines.

- b) *the measuring equipment*: the type of measuring equipment is chosen in relation to the disturbance properties to be determined (see 2.4.2);

- c) *matériels associés*: le type de matériels associés, c'est-à-dire réseaux fictifs, sondes de courant ou sondes de tension, est choisi en fonction du type de perturbations à mesurer selon 2.4.1 a). Chaque type de matériel associé présente une charge RF aux signaux et lignes mesurés (voir 2.4.3);
- d) *conditions de charge RF de la source de perturbation*: le montage de mesure présente certaines impédances de charge RF à la/aux source(s) de perturbations dans le matériel en essai. Ces impédances sont normalisées pour les essais de type ou sont susceptibles de dépendre des conditions sur le lieu de l'installation dans le cas d'essais *in situ* (voir 2.4.3 et 2.4.4);
- e) *configuration du matériel en essai*: une configuration d'essai normalisée doit spécifier la masse de référence, la position du matériel en essai et le matériel de mesure associé par rapport à cette référence, les connexions à cette masse de référence et les interconnexions du matériel en essai avec des matériels associés (voir 2.4.4 et 2.4.5).

2.4.2 Appareils de mesure (récepteurs, etc.)

En général, on distingue les perturbations continues des perturbations discontinues. Les perturbations radioélectriques continues se mesurent principalement dans le domaine des fréquences. Les perturbations discontinues sont également mesurées dans le domaine des fréquences, mais elles peuvent nécessiter des mesures supplémentaires dans le domaine des temps.

Le matériel de mesure et autres appareils de mesure spécifiés dans la CISPR 16-1 doivent être utilisés. Pour les mesures dans le domaine des temps, il est possible d'utiliser des oscilloscopes, etc.

2.4.2.1 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites

La CISPR 16-1 spécifie les caractéristiques des détecteurs qui sont nécessaires pour effectuer les mesures conformément aux spécifications de produits. Plusieurs de ces spécifications de produits demandent d'utiliser les deux détecteurs, de quasi-crête et de valeur moyenne, pour les mesures de perturbation conduite. Les constantes de temps de ces deux détecteurs sont très longues et entraînent des durées importantes dans le cas de mesures automatiques.

On peut utiliser un détecteur de crête, avec des constantes de temps plus faibles, pour effectuer des mesures initiales et pour déterminer la conformité à une limite. Mais si les niveaux de perturbation mesurés sont supérieurs à une limite, on doit effectuer les mesures avec les détecteurs de quasi-crête et de valeur moyenne.

L'annexe D donne un guide pour effectuer ces mesures de façon efficace.

2.4.3 Appareils de mesure associés

Les appareils de mesure associés pour la mesure des perturbations conduites se divisent en deux catégories:

- a) capteurs de mesure de tension, tels que réseaux fictifs (AN) et sondes de tension;
NOTE Le réseau fictif est parfois désigné sous le nom de réseau de simulation d'impédance (RSI).
- b) capteurs de mesure de courant, tels que sondes de courant.

2.4.3.1 Réseaux fictifs (AN)

Les impédances en mode commun, différentiel et non symétrique des réseaux réels, tels que les réseaux d'alimentation et de téléphone, dépendent de la localisation et varient en général en fonction du temps. Par conséquent, les essais de type de perturbations nécessitent la présence de réseaux de simulation d'impédance normalisés, appelés réseaux fictifs (AN). L'AN fournit des impédances de charge RF normalisées au matériel en essai. A cette fin, l'AN est inséré en série avec les bornes du matériel en essai et le réseau réel ou le simulateur de signal. De cette manière, l'AN simule les réseaux étendus (lignes longues) avec les impédances définies.

- c) *the associated equipment*: the type of associated equipment, i.e., artificial networks, current probes or voltage probes, is chosen in accordance with the type of disturbance to be measured in accordance with 2.4.1 a). Each type of associated equipment presents RF loading to the measured signals and lines (see 2.4.3);
- d) *RF load conditions of the disturbance source*: the measuring set-up will present certain RF load impedances to the disturbance source(s) in the EUT. These impedances are standardized in type tests or might depend on the conditions at the place of installation in the case of *in situ* tests (see 2.4.3 and 2.4.4);
- e) *the test configuration of EUT*: a standardized test configuration shall specify the reference ground, the position of the EUT and associated measuring equipment with respect to that reference ground, connections to that reference ground and interconnections of the EUT with the associated equipment (see 2.4.4 and 2.4.5).

2.4.2 Measuring equipment (receivers, etc.)

In general, a distinction is drawn between continuous and discontinuous disturbances. Continuous radio-frequency disturbances are predominantly measured in terms of frequency domain parameters. Discontinuous disturbances are also measured in terms of frequency domain parameters but may need additional time domain measurements.

The measuring sets and other measuring equipment specified in CISPR 16-1 shall be used. For time domain measurements oscilloscopes etc. may be used.

2.4.2.1 Use of detectors for conducted disturbance measurements

CISPR 16-1 specifies the characteristics of detectors that are required to perform measurements per product specifications. Several of these product specifications require the use of both quasi-peak and average detectors for conducted disturbance measurements. The time constants of these two detectors are very long and make automated measurements time consuming.

A peak detector with shorter time constants may be used to make initial measurements and to determine compliance with a limit. But if the measured disturbance levels are above a limit they shall be followed by measurements with the quasi-peak and average detectors.

Annex D provides guidance on how these measurements may be performed efficiently.

2.4.3 Associated measuring equipment

Associated measuring equipment for conducted disturbance measurement is divided into two categories:

- a) voltage measuring sensors, such as artificial networks (AN) and voltage probes;
NOTE The artificial network is sometimes referred to as impedance simulation network (ISN).
- b) current measuring sensors, such as current probes.

2.4.3.1 Artificial networks (AN)

The common mode, differential and unsymmetrical mode impedances of actual networks, such as of power mains and telephones, are location dependent and, in general, time varying. Therefore, type testing of disturbance requires standardized impedance simulation networks, referred to as artificial networks (AN). The AN provides standardized RF load impedances to the EUT. For this purpose, the AN is inserted in series with the terminals of the EUT and the actual network or signal simulator. In this way the AN simulates extended networks (long lines) with defined impedances.

2.4.3.1.1 Types de réseaux fictifs

Les réseaux fictifs spécifiés dans la CISPR 16-1 doivent être utilisés, à moins que des raisons spécifiques n'exigent une autre construction. En général, on peut distinguer trois types de réseaux fictifs:

- a) *réseau fictif en V*: dans une gamme de fréquences définie, les impédances RF entre chacune des bornes du matériel en essai à mesurer et la masse de référence ont une valeur définie, alors qu'aucune impédance n'est directement connectée entre ces bornes. La construction définit (indirectement) la tension mesurée à la fois en mode différentiel et en mode commun. En principe, le nombre de bornes du matériel en essai, c'est-à-dire le nombre de lignes à mesurer par les réseaux fictifs de type en V, n'est pas limité;
- b) *réseau fictif en delta*: dans une gamme de fréquences définie, l'impédance RF entre deux bornes à mesurer du matériel en essai et la masse de référence a une valeur définie. Cette construction définit directement les impédances de charge RF à la fois en mode différentiel et en mode commun.
L'ajout d'un transformateur d'entrée symétrique/non symétrique permet de mesurer la tension perturbatrice symétrique et non symétrique;
- c) *réseau fictif en T*: dans une gamme de fréquences définie, l'impédance de charge RF en mode commun entre deux bornes à mesurer du matériel en essai et une masse de référence a une valeur définie. En général, aucune impédance de charge différentielle définie en tant que telle n'est incluse dans un réseau fictif en T. Il faut alors que l'impédance différentielle définie soit fournie par le circuit externe connecté aux bornes d'alimentation du réseau fictif en T. Ce type de réseau fictif est utilisé uniquement pour la mesure des tensions perturbatrices en mode commun.

2.4.3.1.2 Exigences minimales

Le réseau fictif doit remplir les exigences minimales suivantes:

- a) dans une gamme de fréquences définie, le réseau fictif doit fournir des impédances RF définies entre les bornes du matériel en essai à mesurer, ainsi qu'entre ces bornes et la masse de référence. En satisfaisant à cette exigence, la source de perturbation à mesurer est chargée d'une manière définie si, de plus, la configuration d'essai (voir 2.4.4) est définie;
- b) si le réseau fictif est destiné à mesurer séparément les perturbations en mode commun et/ou en mode différentiel (voir 2.4.3.1.1), le taux de réjection des signaux en mode commun, et inversement, doit être spécifié dans la gamme de fréquences appropriée;
- c) dans une gamme de fréquences définie, il doit normalement exister une séparation entre les impédances RF définies et le réseau réel (ou simulateur de signal). Ainsi, la charge du réseau fictif par le réseau réel (ou le simulateur de signal) n'influence pas la valeur des impédances RF définies;
- d) le réseau fictif doit comporter une connexion définie (connecteur) à laquelle les appareils de mesure définis peuvent être raccordés, afin de permettre une configuration d'essai définie. Le connecteur d'entrée doit convenir à des appareils de mesure présentant une impédance d'entrée de 50 Ω selon la définition de la CISPR 16-1;
- e) le réseau fictif doit comporter un point de connexion défini auquel la masse de référence peut être raccordée, afin de permettre une configuration d'essai définie;
- f) le réseau fictif doit être étalonné selon la procédure prescrite.

2.4.3.1.3 Exigences supplémentaires

Le réseau fictif doit satisfaire aux exigences supplémentaires suivantes:

- a) le réseau fictif doit comporter un réseau de découplage ou de blocage pour empêcher:
 - la détérioration des composantes formant les impédances RF définies, provoquée par les tensions utiles du réseau, tel que le réseau d'alimentation,

2.4.3.1.1 Types of artificial networks

The ANs specified in CISPR 16-1 shall be used, unless specific reasons call for another construction. In general three types of AN can be distinguished:

- a) *the V-type AN*: in a defined frequency range the RF impedances between each of the EUT terminals to be measured and the reference ground have a defined value, whereas no impedance component is connected directly between these terminals. The construction defines (indirectly) both the differential and common mode voltage measured. In principle, there is no limit for the number of EUT terminals, i.e. for the number of lines to be measured by V-type ANs;
- b) *the Delta-type AN*: in a defined frequency range the RF impedance between a pair of EUT terminals to be measured and between these terminals and the reference ground have a defined value. This construction defines directly both the differential and the common mode RF load impedances.

Addition of a balance/unbalance transformer makes it possible to measure the symmetric and asymmetric disturbance voltage;

- c) *the T-type AN*: in a defined frequency range the common mode RF impedance between a pair of EUT terminals to be measured and a reference ground has a defined value. In general, no defined differential load impedance is included in a T-type AN as such. The defined differential impedance must then be provided by the external circuit connected to the supply (line) terminals of the T-type AN. This type of AN is used to measure common mode disturbance voltages only.

2.4.3.1.2 Minimum requirements

The AN shall meet the following minimum requirements:

- a) in a defined frequency range the AN shall provide defined RF impedances between the terminals of the EUT to be measured and between these terminals and the reference ground. By meeting this requirement, the disturbance source to be measured is loaded in a defined manner if, in addition, the test configuration (see 2.4.4) is defined;
- b) if the AN is intended to separately measure common mode and/or differential mode disturbances (see 2.4.3.1.1), the rejection ratio of differential to common mode signals, and vice versa, shall be specified in the appropriate frequency range;
- c) in a defined frequency range there shall normally be an isolation between the defined RF impedances and the actual network (or a signal simulator) so that the loading of the AN by the actual network (or the signal simulator) does not unduly influence the value of any of the defined RF impedances;
- d) the AN shall provide a defined connection (connector) to which the defined measuring equipment can be connected, in order to make a defined test configuration possible. The input connector shall be suitable for measuring equipment with 50 Ω input impedance as defined in CISPR 16-1;
- e) the AN shall provide a defined connecting point to which the reference ground can be connected, in order to make a defined test configuration possible;
- f) the AN shall be calibrated according to a prescribed procedure.

2.4.3.1.3 Additional requirements

The AN shall have the following additional requirements:

- a) the AN shall contain a decoupling or blocking network to prevent:
 - damage of the components forming the defined RF impedances by the wanted line voltages of the network, such as the mains voltage,

- la détérioration de composantes formant les impédances RF définies, provoquée par des tensions de crête produites par le matériel en essai, telles que des transitoires de commutation,
 - l'influence des tensions assignées sur les résultats de mesure, comme par exemple la surcharge à l'étage d'entrée des appareils de mesure;
- b) le réseau fictif doit comporter un filtre pour empêcher que des signaux intentionnels sur le réseau réel ou que le simulateur de signal affectent les résultats de mesure.

2.4.3.2 Sondes de tension

Pour les sondes de tension normalisées, voir la CISPR 16-1.

Les tensions perturbatrices aux bornes, qui ne sont pas mesurées par un réseau fictif, peuvent l'être par une sonde de tension. Les bornes de cette sorte sont par exemple les connecteurs d'antenne, les lignes de commande, les lignes de transmission et les lignes de charge. En général, la sonde de tension est utilisée pour la mesure de la tension perturbatrice en mode commun. La sonde présente une impédance RF élevée entre la borne à mesurer et la masse de référence.

2.4.3.2.1 Exigences minimales

- a) Dans une gamme de fréquences définie, la sonde doit présenter une impédance RF élevée entre sa pointe de mesure et la masse de référence, de manière à ne pas affecter la tension à mesurer.
- b) La sonde de tension doit être pourvue d'un condensateur de blocage de valeur telle que la tension du secteur ne puisse pas endommager le récepteur de mesure.
- c) La sonde de tension doit comporter une connexion définie de 50 Ω (connecteur) à laquelle le récepteur de mesure normalisé peut être raccordé, afin de permettre une mesure de perturbation définie.
- d) La sonde de tension doit comporter un point de connexion défini auquel la masse de référence peut être raccordée d'une manière définie par le biais d'un câble dont la longueur maximale est définie, à moins que la masse de référence ne soit connectée au matériel en essai d'une autre manière spécifiée.
- e) La sonde de tension doit être étalonnée selon une procédure prescrite: cette procédure doit prendre en compte les effets parasites à proximité du point d'essai, comme par exemple le couplage capacitif parasite entre le point d'essai et le blindage de la sonde. La division de tension entre l'impédance de la sonde et l'impédance d'entrée des appareils de mesure ne doit pas dépendre de la fréquence ou doit être prise en compte dans le processus d'étalonnage.
- f) La plaque d'identification de la sonde de tension doit indiquer la tension maximale du réseau.

2.4.3.3 Sondes de courant

Les sondes de courant ou transformateurs de courant permettent de mesurer les trois types de courant perturbateurs (voir 2.4.1) sur les cordons d'alimentation, les lignes de transmission, les lignes de charge, etc. Une sonde construite comme une pince facilite l'utilisation.

Le courant en mode commun circulant dans les conducteurs se mesure lorsque la sonde de courant entoure ces câbles quel que soit le nombre de fils. Dans cette situation, les courants en mode différentiel circulant dans les conducteurs entraîneront des signaux d'intensité égale mais de signe opposé qui s'annulent presque totalement. Cet effet permet de mesurer un courant en mode commun de faible amplitude en présence de courants (de fonctionnement) en mode différentiel de forte amplitude.

Pour les sondes de courant déjà définies (et normalisées), voir la CISPR 16-1.

- damage of the components forming the defined RF impedances by peak voltages produced by the EUT, such as switching transients,
 - influence of the rated line voltages on the measuring results, for example overload of the input stage of the measuring equipment;
- b) the AN shall contain a filter to prevent intentional signals on the actual network or the signal simulator influencing the measuring results.

2.4.3.2 Voltage probes

For standardized voltage probes, see CISPR 16-1.

Disturbance voltages on terminals which are not to be measured with an AN can be measured with a voltage probe. Examples of such terminals are connecting jacks for antennas, control lines, signal lines and load lines. In general the voltage probe is used to measure the common mode disturbance voltage. The probe presents a high RF impedance between the terminal to be measured and the reference ground.

2.4.3.2.1 Minimum requirements

- a) In a defined frequency range the voltage probe shall provide a high RF impedance between its measuring tip and the reference ground so as not to affect the voltage to be measured.
- b) The voltage probe shall have a blocking capacitor of such a value to ensure that line voltage cannot damage the measuring receiver.
- c) The voltage probe shall provide a defined 50 Ω connection (connector) to which the standardized measuring receiver can be connected, in order to make a defined disturbance measurement.
- d) The voltage probe shall provide a defined connection point to which the reference ground can be connected in a defined manner via a lead of defined maximum length unless the reference ground is connected to the EUT in another specified way.
- e) The voltage probe shall be calibrated according to a prescribed procedure, where this procedure shall account for parasitic effects near the test point, for example unwanted capacitive coupling between the test point and the screening of the probe. The voltage division between probe impedance and input impedance of measuring equipment shall be independent of frequency or accounted for in the calibration process.
- f) The voltage probe name-plate shall state the maximum line voltage.

2.4.3.3 Current probes

Current probes or current transformers allow the measurement of all three types of disturbance current (see 2.4.1) on mains leads, signal lines, load lines etc. A clip-on construction of the probe will facilitate its use.

The common mode current on leads is measured when the current probe is clipped around those leads, regardless of the number of wires. In this situation, the differential mode currents on the leads will induce signals with equal magnitude but opposite sign, so that these signals cancel to a high degree. The latter effect allows the measurement of a common mode current with a small amplitude in the presence of differential mode (operating) currents with large amplitude.

For already defined (and standardized) current probes see CISPR 16-1.

2.4.3.3.1 Exigences minimales

- a) Dans une gamme de fréquences définie, la sonde de courant doit avoir une impédance de transfert définie, c'est-à-dire un rapport défini entre la tension RF induite dans la sonde et le courant RF connu sur un seul fil traversant la sonde. Ce rapport se mesure d'une manière spécifiée.
- b) Dans une gamme de fréquences définie, la perte d'insertion provoquée par la sonde de courant, c'est-à-dire la charge du matériel en essai, doit être inférieure à 1Ω .
- c) La sonde de courant doit être construite de manière que l'influence des champs électriques sur les résultats de mesure puisse être négligée.
- d) La sonde de courant doit comporter une connexion définie (connecteur) à laquelle les appareils de mesure définis (et normalisés) peuvent être raccordés, afin de permettre une configuration d'essai définie. De plus, l'impédance d'entrée des appareils de mesure à utiliser avec la sonde de courant doit être indiquée.
- e) La spécification de la sonde de courant doit inclure la valeur maximale assignée de l'intensité avant que les effets de saturation ne se manifestent.
- f) La sonde de courant doit être étalonnée selon une procédure prescrite.

2.4.4 Configuration d'essai des matériels

2.4.4.1 Disposition des matériels en essai et leur connexion au réseau fictif

Pour mesurer la tension perturbatrice, le matériel en essai est connecté au réseau d'alimentation électrique, et à tout autre réseau de grande dimension, par le biais d'un ou plusieurs réseaux fictifs (en général, le réseau en V est utilisé ici) (voir figure 1), conformément aux exigences suivantes. D'autres publications du CISPR fournissent des détails supplémentaires pour des matériels en essai particuliers.

Un matériel en essai, destiné à être relié à la terre ou non, qui est amené à être utilisé sur une table, est configuré de la manière suivante:

- la base ou la partie arrière du matériel en essai doit être située à une distance contrôlée de 40 cm par rapport à un plan de masse de référence. Ce plan de masse est normalement représenté par la cloison ou le sol d'une pièce blindée. Il peut s'agir également d'un plan métallique relié à la masse, d'au moins 2 m sur 2 m. Concrètement, on le réalise comme suit:
 - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur minimal de 80 cm. Placer le matériel en essai de façon qu'il soit situé à 40 cm de la cloison de la pièce blindée, ou
 - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur de 40 cm de façon que le matériel en essai soit situé 40 cm au-dessus du plan de masse,
- toutes les autres surfaces conductrices du matériel en essai doivent être placées à 80 cm au minimum du plan de masse de référence;
- les réseaux fictifs sont placés sur le sol comme indiqué à la figure 1, de façon qu'un côté des boîtiers AN soit situé à 40 cm du plan de masse de référence vertical et d'autres pièces métalliques;
- les connexions du câble du matériel en essai doivent être conformes aux indications de la figure 1;
- la configuration d'essai facultative pour le matériel en essai de table avec un seul cordon d'alimentation raccordé est présentée à la figure 2.

Les matériels en essai destinés à être posés sur le sol sont soumis aux mêmes dispositions que ci-dessus, avec une exception: ces matériels doivent être placés sur le sol, les points de contact étant compatibles avec l'usage courant. Un plancher métallique relié au sol doit être utilisé mais ne doit pas créer de contact métallique avec le(s) support(s) au sol du matériel en essai. Le plancher métallique peut être utilisé comme plan de masse de référence. Il doit s'étendre au moins 50 cm au-delà des bords du matériel en essai, et présenter des dimensions minimales de 2 m sur 2 m. Pour consulter des exemples de configurations d'essai, se reporter aux figures 3 et 4.

2.4.3.3.1 Minimum requirements

- a) In a defined frequency range the current probe shall have a defined transfer impedance, that is, a defined ratio of the RF voltage induced in the probe and the known RF current on a single wire running through the probe, as measured in a specified way.
- b) In a defined frequency range the insertion loss caused by the current probe, that is of the EUT, shall be less than 1 Ω .
- c) The current probe shall be constructed in such a way that the influence of electric fields on the measuring results can be neglected.
- d) The current probe shall provide a defined connection (connector) to which the defined (and standardized) measuring equipment can be connected, in order to make a defined test configuration possible. In addition, the input impedance of the measuring equipment to be used in connection with the current probe shall be indicated.
- e) The current probe specification shall include the maximum current rating before saturation effects will take place.
- f) The current probe shall be calibrated according to a prescribed procedure.

2.4.4 Equipment test configuration

2.4.4.1 Disposition of equipment under test and its connection to the artificial network

For measurement of the disturbance voltage the equipment under test (EUT) is connected to the power supply mains and any other extended network via one or more artificial network(s) (in general, the V-type network is used for this purpose) (see figure 1), in accordance with the following requirements. Other CISPR publications supply additional test details relevant to particular EUTs.

An EUT, whether intended to be grounded or not, and which is to be used on a table is configured as follows:

- either the bottom or the rear of the EUT shall be at a controlled distance of 40 cm from a reference groundplane. This groundplane is normally the wall or floor of a shielded room. It may also be a grounded metal plane of at least 2 m by 2 m. This is physically accomplished as follows:
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is at least 80 cm high. Place the EUT so that it is 40 cm from the wall of the shielded room, or
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is 40 cm high so that the bottom of the EUT is 40 cm above the groundplane;
- all other conductive surfaces of the EUT shall be at least 80 cm from the reference groundplane;
- the ANs are placed on the floor as shown in figure 1 in such a way that one side of the AN housings is 40 cm from the vertical reference ground plane and other metallic parts;
- the EUT cable connections shall be as shown in figure 1;
- the optional test configuration for table-top EUT with only a power cord attached is shown in figure 2.

Floor-standing EUTs are subject to the same provisions as above with the exception that they shall be placed on a floor, the points of contact being consistent with normal use. A ground-connected floor of metal shall be used but shall not make metallic contact with the floor support(s) of the EUT. The metal floor may be used as the reference ground plane and shall extend at least 50 cm beyond the boundaries of the EUT and have minimum dimensions of 2 m by 2 m. For examples of test configurations, see figures 3 and 4.

Le réseau fictif est relié en RF au plan de masse de référence par une connexion de faible impédance RF.

NOTE Il convient que la «faible» valeur d'impédance RF soit de préférence inférieure à $10\ \Omega$ à 30 MHz. Cette valeur peut par exemple être obtenue si le boîtier du réseau fictif est monté directement sur le plan de masse de référence ou si sa connexion présente un rapport longueur sur largeur ne dépassant pas 3:1.

Le matériel en essai est placé de telle manière que la distance entre l'un de ses bords et la surface la plus proche du réseau fictif soit égale à 80 cm.

Il faut disposer les conducteurs d'alimentation reliés à un réseau fictif et le câble de connexion du réseau vers le récepteur de mesure de telle manière que leurs emplacements n'influent pas les résultats des mesures. Les matériels en essai, qui ne sont pas équipés de cordons de raccordement fixes, sont reliés au réseau fictif au moyen d'un câble long de 1 m, comme spécifié dans la documentation relative au matériel concerné.

Si le matériel en essai est destiné à être relié à une masse de référence, cela doit être effectué au moyen d'un câble courant parallèlement au cordon d'alimentation du matériel en essai et éloigné de lui d'une distance ne dépassant pas 10 cm, à moins que le cordon d'alimentation lui-même ne contienne un conducteur de terre. Si le matériel en essai comporte un câble fixe, ce câble doit avoir une longueur de 1 m. S'il dépasse 1 m, une partie de ce câble est repliée sur elle-même en décrivant autant que possible des méandres de façon à former un faisceau ne dépassant pas 40 cm de longueur et disposé en formant un méandre non inductif de telle manière que la longueur totale du câble ne dépasse pas 1 m (voir également la figure 5). Cependant, lorsque le faisceau de câble est susceptible d'influencer les résultats des mesures, une réduction de la longueur à 1 m est recommandée.

2.4.4.2 Procédure de mesure des tensions perturbatrices non symétriques avec des réseaux en V

2.4.4.2.1 Disposition des matériels avec connexion de terre

Pour un matériel en essai devant être mis à la terre pendant son fonctionnement, ou dont le boîtier conducteur peut entrer en contact avec la terre, la tension perturbatrice radioélectrique non symétrique du cordon d'alimentation se mesure en se référant au mur métallique de référence (masse générale du système de mesure) à laquelle est connecté le boîtier du matériel en essai par son conducteur de protection à la terre et la connexion à la terre du réseau fictif (voir circuit équivalent à la figure 6).

Les paramètres déterminant le potentiel perturbateur des matériels en essai mis à la terre sont exposés en A.3.

Pour les matériels en essai comportant au moins deux conducteurs d'alimentation et un de protection ou des connexions spéciales à la terre, le résultat des mesures dépend beaucoup des conditions de connexion de sortie des bornes d'alimentation et des conditions de mise à la terre (voir également le 2.4.5 concernant les mesures dans les systèmes).

Les conducteurs de mise à la terre dans les dispositifs réels d'alimentation sont susceptibles d'avoir une longueur importante et ne garantissent donc pas une impédance par rapport à la terre aussi faible et efficace que dans le cas d'un montage normal pour les essais, qui comporte une connexion à la masse de référence par fil d'une longueur de 1 m; de plus, étant donné qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser des conducteurs de sécurité pour chaque produit selon la CEI 60364-4, les mesures de la tension perturbatrice des matériels de Classe I avec prise doivent être effectuées conformément au 2.4.4.2.2, sans que le câble de sécurité ou de terre soit connecté (mesure sans mise à la terre). Si cependant, pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de conserver la fonction de sécurité des câbles de terre, on peut y parvenir en utilisant une bobine d'arrêt ou une impédance égale à celle d'un réseau en V pour le conducteur de sécurité.

Il est possible de faire des exceptions pour les matériels en essai non rayonnants ou correctement blindés qui sont destinés à être reliés à la terre selon des exigences ou instructions spéciales (voir A 2.1 et A 4.1).

The artificial network is RF bonded to the reference groundplane by a low radio-frequency impedance connection.

NOTE The "low" radio-frequency impedance value should preferably be less than $10\ \Omega$ at 30 MHz. This can, for example, be achieved if the housing of the artificial network is mounted directly to the reference ground plane or its connection strap has a length-to-width ratio not more than 3:1.

The EUT is located so that the distance between the boundary of it and the closest surface of the artificial network is 80 cm.

The power mains leads to an artificial network and the connecting cable from the network to the measuring receiver must be arranged in such a way that their locations do not influence the measurement results. EUTs, which are not equipped with fixed connecting leads, are connected to the artificial network with a 1 m long lead as specified in the relevant equipment documentation.

If the EUT is to be connected to a reference ground this shall be done by means of a lead running parallel to the EUT mains lead and of the same length at a distance of not more than 10 cm from it, unless a ground conductor is contained in the mains lead itself. If a fixed lead is attached to the EUT this shall be 1 m long, or if in excess of 1 m, part of the lead is folded back and forth in the shape of a meander, as far as possible so as to form a bundle not exceeding 40 cm in length, and arranged in the form of a non-inductive serpentine in such a way that the total length of the lead does not exceed 1 m (see also figure 5). However, when the bundled lead may influence the measurement results, a shortening of the length to 1 m is recommended.

2.4.4.2 Procedure for the measurement of unsymmetric disturbance voltages with V-networks

2.4.4.2.1 Disposition of equipment with ground connection

For equipment under test which is required to be grounded during its operation, or the conductive housing of which can come into contact with ground, the unsymmetric radio interference voltage of the individual mains lead is measured with reference to the reference metal wall (general mass of the measuring equipment) to which the housing of the equipment under test is connected via its protective ground conductor and the ground connection of the artificial mains network (see the equivalent circuit in figure 6).

The parameters determining the interference potential of grounded test units are discussed in clause A.3.

For EUTs with two or more power and safety conductors or special ground connections the measurement result depends much on the termination conditions of the mains terminals and the grounding conditions (refer also to 2.4.5 on measurement in systems).

As the ground safety conductors in the actual mains power supply installation may have a considerable length, and therefore do not guarantee a ground impedance as low and effective as in the standard test set-up with only a 1 m long ground wire connection to the reference mass, and moreover, since safety conductors need not be used on every product per IEC 60364-4, disturbance voltage measurements on pluggable Class I appliances shall be carried out according to 2.4.4.2.2, also without the safety or ground wire being connected (non-grounded measurement). If however for safety reasons it is necessary to maintain the safety function of ground wires, this can be achieved by the use of an RF choke or impedance equal to the network impedance of a V-network in the safety wire path.

Exceptions may be made for non-radiating or well screened EUTs which have to be grounded according to special requirements or instructions (see A 2.1 and A 4.1).

2.4.4.2.2 Disposition des matériels sans connexion à la terre

Les matériels sans connexion à la terre comprennent les matériels électriques avec une isolation de protection (protection de Classe II), les matériels pouvant fonctionner sans conducteur de terre ou de sécurité (matériels de Classe III) et les matériels de Classe I avec prise, connectés par un transformateur d'isolement. Pour ces matériels, il faut mesurer la tension perturbatrice non symétrique de chaque conducteur par rapport à la masse métallique de référence du montage de mesure comme indiqué dans le circuit équivalent de la figure 7.

Etant donné que, dans les gammes de grandes et moyennes ondes (entre 0,15 MHz et 2 MHz), les résultats des mesures peuvent être considérablement influencés par les faibles capacités série C_2 entre le matériel en essai et la masse de référence, et que la distance spécifiée est déterminante, il faut suivre scrupuleusement cette disposition; il convient également d'éviter d'autres influences externes, telle que la capacité du corps ou de la main, par exemple.

2.4.4.2.3 Disposition des matériels tenus à la main sans connexion à la terre

Les mesures doivent tout d'abord être effectuées conformément au 2.4.4.2.2. Des mesures supplémentaires doivent ensuite être effectuées au moyen de la main fictive décrite dans la CISPR 16-1.

Le principe général à suivre dans l'utilisation de la main fictive est indiqué à la figure 9. La borne M de l'élément RC doit être reliée à toute pièce de métal exposée non rotative et feuille métallique enroulée autour de toutes les poignées, fixes et détachables, fournie avec le matériel en essai. Une pièce de métal recouverte de peinture ou de laque est considérée comme une pièce de métal exposée et doit être directement reliée à l'élément RC.

La main fictive doit comporter une feuille métallique enroulée autour du revêtement, ou d'une partie de ce revêtement, comme il est spécifié ci-dessous. La feuille doit être reliée à une borne (borne M) d'un élément RC (voir figure 8) comprenant un condensateur de $220 \text{ pF} \pm 20 \%$ en série avec une résistance de $510 \Omega \pm 10 \%$; l'autre borne de l'élément RC doit être reliée à la terre de référence du système de mesure.

Il faut utiliser la main fictive de la façon suivante:

- a) lorsque le revêtement du matériel en essai est entièrement métallique, une feuille métallique n'est pas nécessaire, mais la borne RC doit être directement reliée au corps du matériel en essai;
- b) lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué de matériau isolant, la feuille métallique doit être enroulée autour de la poignée B (figure 9) et de la seconde poignée D, le cas échéant. La feuille métallique, d'une largeur de 60 mm, doit également être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, si cela crée un niveau d'émission plus élevé. Toutes ces feuilles métalliques, et l'anneau A, le cas échéant, doivent être reliés entre eux et connectés à la borne M de l'élément RC;
- c) lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué en partie de métal et en partie de matériau isolant et comporte des poignées isolantes, la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées B et D (figure 9). Si le revêtement est non métallique au niveau du moteur, une feuille métallique de 60 mm de largeur doit être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, s'il est constitué de matériau isolant et qu'on obtient un niveau d'émission plus élevé. La partie métallique du corps, le point A, la feuille métallique autour des poignées B et D et la feuille métallique sur le corps C doivent être reliés ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC;
- d) lorsque le matériel en essai comporte deux poignées A et B en matériau isolant et un revêtement métallique C, une scie électrique par exemple (figure 10), la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées A et B. La feuille métallique en A et B, et le corps métallique C doivent être reliés ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC.

2.4.4.2.2 Disposition of equipment without ground connection

Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (protection Class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of protection Class III) and also pluggable protection Class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetrical disturbance voltage of the individual conductors must be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of figure 7.

Since in the long and medium wave bands (0,15 MHz to 2 MHz) the results of measurement can be considerably influenced by the low series capacitance C_2 between the EUT and the reference ground, and since it is determined by the specified distance, the arrangement must be exactly followed and other external influence such as body and hand capacitance, for example, should be avoided.

2.4.4.2.3 Disposition of handheld equipment without a ground connection

Measurements shall first be made in accordance with 2.4.4.2.2. Additional measurements shall then be made using the artificial hand described in CISPR 16-1.

The general principle to be followed in the application of the artificial hand is shown in figure 9. Terminal M of the RC element shall be connected to any exposed non-rotating metal work and to metal foil wrapped around all handles, both fixed and detachable, supplied with the EUT. Metalwork which is covered with paint or lacquer is considered as exposed metalwork and shall be directly connected to the RC element.

The artificial hand shall consist of metal foil wrapped around the case, or part thereof, as specified below. The foil shall be connected to one terminal (terminal M) of an RC element (see figure 8) consisting of a capacitor of $220 \text{ pF} \pm 20 \%$ in series with a resistor of $510 \Omega \pm 10 \%$; the other terminal of the RC element shall be connected to the reference earth of the measuring system.

The artificial hand is to be applied the following way:

- a) when the case of the EUT is entirely of metal, no metal foil is needed, but the terminal M of the RC element shall be connected directly to the body of the EUT;
- b) when the case of the EUT is of insulating material, metal foil shall be wrapped around the handle B (figure 9), and also around the second handle D, if present. Metal foil 60 mm wide shall also be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located or around the gearbox if this gives a higher emission level. All these pieces of metal foil, and the ring or bushing A, if present, shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- c) when the case of the EUT is partly metal and partly insulating material, and has insulating handles, metal foil shall be wrapped around the handles B and D (figure 9). If the case is non-metallic at the location of the motor, a metal foil 60 mm wide shall be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located, or alternatively around the gearbox, if this is of insulating material and a higher emission level is obtained. The metal part of the body, the point A, the metal foil round the handles B and D and the metal foil on the body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- d) when the EUT has two handles of insulating material A and B and a case of metal C, for example an electric saw (figure 10), metal foil shall be wrapped around the handles A and B. The metal foil at A and B and the metal body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element.

2.4.4.2.4 Disposition des claviers, électrodes et autres matériels sensibles au toucher

Dans le cas des matériels de ce type, la main fictive doit être appliquée conformément aux spécifications de produits et, de manière générale, selon le 2.4.4.2.3.

2.4.4.2.5 Disposition des matériels avec composants de suppression externe

Si des dispositifs d'antiparasitage sont raccordés à l'extérieur du matériel en essai (par exemple un dispositif enfichable destiné à être connecté au réseau d'alimentation) ou en tant qu'élément inséré dans le câble de raccordement (cordon d'alimentation à dispositif de suppression d'émission), ou si des cordons de raccordement blindés sont utilisés, il faut relier un câble supplémentaire non blindé d'une longueur de 1 m entre le dispositif de suppression d'émission et le réseau fictif pour mesurer la tension perturbatrice. Il faut placer la ligne située entre le matériel et le dispositif de suppression d'émission à proximité directe du matériel à mesurer.

2.4.4.2.6 Disposition des matériels comportant un matériel auxiliaire connecté à l'extrémité d'un câble autre que le câble d'alimentation

NOTE 1 Les commandes de régulation comportant des dispositifs à semiconducteur sont exclus du présent paragraphe; les dispositions du 2.4.4.4.1 s'appliquent.

NOTE 2 Lorsque le matériel auxiliaire n'est pas essentiel au fonctionnement du matériel en essai et que sa procédure d'essai est spécifiée ailleurs, le présent paragraphe ne s'applique pas. Le matériel principal est soumis aux essais comme un matériel individuel.

NOTE 3 La décision ultime, visant à déterminer s'il faut effectuer des mesures et appliquer des limites, est prise dans la publication de produits correspondant du CISPR.

Les cordons de raccordement dépassant 1 m de longueur doivent être disposés en faisceau conformément au 2.4.4.1.

Les mesures ne sont pas requises lorsque le cordon de raccordement entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire est fixé de manière permanente aux deux extrémités et qu'il est soit de longueur inférieure à 2 m, soit blindé, à condition que, dans ce dernier cas, le câble blindé soit connecté à ses deux extrémités au boîtier métallique du matériel en essai et à celui du matériel auxiliaire. Les câbles comportant des fiches et embases amovibles sont considérés comme extensibles jusqu'à une longueur supérieure à 2 m, et des mesures sont requises.

Le matériel en essai doit être disposé conformément aux parties précédentes du 2.4.4.2, avec les exigences supplémentaires suivantes:

- a) le matériel auxiliaire doit être placé à la même hauteur et à la même distance du plan de masse, et si le câble est suffisamment long, il faut le traiter conformément au 2.4.4.1. Si le câble auxiliaire est inférieur à 0,8 m, sa longueur doit être conservée et le matériel auxiliaire doit être placé aussi loin que possible du matériel principal. Lorsque le matériel auxiliaire est un organe de commande, il ne faut pas que les dispositions concernant son fonctionnement affectent le niveau de perturbation;
- b) si un matériel en essai disposant d'un matériel auxiliaire est mis à la masse, aucune main fictive ne doit être connectée. Si le matériel en essai lui-même est conçu pour être tenu à la main, la main fictive doit être connectée au matériel en essai et non au matériel auxiliaire;
- c) si le matériel en essai n'est pas conçu pour être tenu à la main, il faut que le matériel auxiliaire qui n'est pas mis à la masse et qui est, lui, conçu pour être tenu à la main, soit connecté à la main fictive; si le matériel auxiliaire n'est pas non plus conçu pour être tenu à la main, il doit être placé par rapport à une surface conductrice reliée à la masse, comme décrit en 2.4.4.1.

Outre la mesure effectuée sur les bornes pour la connexion de l'alimentation électrique, les mesures sont effectuées sur toutes les autres bornes des câbles d'entrée et de sortie (par exemple les lignes de commande et de charge) au moyen d'une sonde de tension reliée à l'entrée du récepteur de mesure.

2.4.4.2.4 Disposition of keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch

In the case of such equipment the artificial hand shall be applied as required by the product specifications and in general according to 2.4.4.2.3.

2.4.4.2.5 Disposition of equipment with external suppression components

If interference suppression devices are attached outside the EUT (e.g. in a plug device for connection to the mains) or as an element inserted in the connecting cable (power cord emission suppression device), or if shielded power cords are used, an additional 1 m long unshielded cable must be connected between the emission suppression device and the artificial network for measurement of the disturbance voltage. The line between the device and the emission suppression device must be placed in the direct proximity of the test object.

2.4.4.2.6 Disposition of equipment having auxiliary apparatus connected at the end of a lead other than the mains lead

NOTE 1 Regulating controls incorporating semiconductor devices are excluded from this subclause; the provisions of 2.4.4.4.1 shall apply.

NOTE 2 When the auxiliary apparatus is not essential to the operation of the EUT and has a separate test procedure specified elsewhere, this subclause does not apply. The main EUT is tested as an individual EUT.

NOTE 3 The ultimate decision whether to measure and apply limits is to be made in the relevant CISPR product publication.

Connecting leads exceeding 1 m in length shall be bundled in accordance with 2.4.4.1.

Measurements are not required when the connecting lead between EUT and auxiliary apparatus is permanently fixed on both ends and is either shorter than 2 m or shielded, provided that in the latter case the shielded lead is connected at both ends to the metal housing of the EUT and that of the auxiliary apparatus. Leads with removable plugs and sockets are considered to be extendable to a length of more than 2 m and measurements are required.

The equipment under test shall be arranged in accordance with previous parts of 2.4.4.2, with the following additional requirements:

- a) the auxiliary apparatus shall be placed at the same height as and at the same distance from the grounded conducting surface and if the lead is long enough, it is to be treated in accordance with 2.4.4.1. If the auxiliary lead is shorter than 0,8 m, its length shall be maintained, and the auxiliary apparatus shall be placed as far away as possible from the main apparatus. When the auxiliary apparatus is a control, the arrangements for its operation must not affect the level of disturbance;
- b) if an EUT having an auxiliary apparatus is grounded, no artificial hand shall be connected. If the EUT itself is made to be held in the hand, the artificial hand shall be connected to the EUT and not to any auxiliary apparatus;
- c) if the EUT is not made to be held in the hand, auxiliary apparatus which is not grounded and is made to be held in the hand must be connected to the artificial hand. If the auxiliary apparatus is not made to be held in the hand either, it shall be placed in relation to a grounded conducting surface as described in 2.4.4.1.

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements are conducted on all other terminals for incoming and outgoing leads (e.g. control and load lines) using a voltage probe connected to the input of the measuring receiver.

Le matériel auxiliaire de commande ou de charge est connecté pour permettre d'effectuer des mesures dans toutes les conditions de fonctionnement fournies et pendant les interactions entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire.

Les mesures sont effectuées à la fois sur les bornes d'entrée du matériel en essai et sur les bornes d'entrée du matériel auxiliaire.

2.4.4.3 Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel

2.4.4.3.1 Mesure au moyen du réseau en delta

La tension en mode commun aux bornes des lignes de signaux de télécommunication en mode différentiel, de traitement de données et autres appareils se mesure avec les réseaux en delta conformément au 11.6 de la CISPR 16-1, dans la gamme de fréquences comprise entre 150 kHz et 30 MHz. Les réseaux en delta spécifiés dans la CISPR 16-1 peuvent être modifiés afin de permettre le passage des signaux et du courant continu nécessaire au bon fonctionnement du matériel en essai pourvu que les exigences sur les impédances en mode différentiel et en mode commun données dans la CISPR 16-1 soient respectées.

Lorsqu'on utilise le réseau en delta pour les mesures aux bornes de signal, il faut que la réjection en mode différentiel soit aussi élevée que nécessaire pour ne pas donner de résultats erronés lors de la mesure d'une tension perturbatrice en mode commun à la même fréquence que le signal de fonctionnement en mode différentiel.

Lorsque le matériel en essai doit être mesuré à ses bornes d'alimentation électrique au moyen d'un réseau fictif, toutes les mesures de tension doivent être effectuées en connectant simultanément les deux réseaux. Les dispositions prescrites en 2.4.4.1 et 2.4.4.2 doivent être observées.

NOTE La gamme de fréquences du réseau en delta peut être étendue à 9 kHz en utilisant la même impédance de réseau si le découplage de la ligne de signal connectée et le couplage au récepteur de mesure sont conçus en conséquence.

2.4.4.3.2 Mesure au moyen d'un réseau en T

A la place, un réseau fictif en mode commun, comme par exemple un réseau en T selon l'article 20 de la CISPR 16-1, peut être utilisé pour mesurer les tensions perturbatrices en mode commun dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 30 MHz.

Contrairement au réseau en delta qui comporte un accès en mode différentiel et en mode commun avec des impédances de simulation égales à 150 Ω , le réseau en T ne comporte qu'une sortie en mode commun de 150 Ω , pratiquement aucune charge et une isolation élevée par rapport au signal de fonctionnement en mode différentiel sur la ligne de communication.

Dans la partie du réseau en T réservée à l'alimentation, il est possible de connecter un simulateur de signal, des circuits de charge pour courant continu ou pour la fréquence du signal utile du matériel en essai, ou pour d'autres circuits nécessaires au fonctionnement du matériel en essai. Ces circuits doivent soit fournir eux-mêmes une résistance RF en mode différentiel de 100 Ω à 150 Ω , selon la valeur prescrite pour ce matériel en essai particulier, soit fournir cette résistance au moyen d'une terminaison. Lorsqu'aucun circuit extérieur n'est spécifié pour le fonctionnement du matériel en essai, une résistance de 150 Ω doit être connectée au réseau en T comme terminaison RF en mode différentiel. La figure 11 fournit un exemple de réseau en T.

The auxiliary apparatus, control or load is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between the EUT and the auxiliary apparatus.

Measurements are performed both on the power input terminals of the EUT and the power input terminals of the auxiliary apparatus.

2.4.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals

2.4.4.3.1 Measurement using the delta-type network

The common mode disturbance voltage at the terminals for differential mode signal lines of telecommunication, data processing and other equipment is measured with delta-networks in accordance with 11.6 of CISPR 16-1, in the frequency range 150 kHz to 30 MHz. The delta-networks specified in CISPR 16-1 could be amended in order to allow signal and d.c. current paths needed for the proper functioning of the EUT as long as the requirements on differential mode and common mode impedances of CISPR 16-1 are complied with.

When using the delta network for measurements on signal terminals, the differential mode rejection must be as great as needed not to give erroneous results when measuring a common mode disturbance voltage at the same frequency as the operational differential mode signal.

When the EUT is to be measured on its power supply terminals using an artificial mains network all voltage measurements shall be carried out with both networks connected simultaneously. The provisions prescribed in 2.4.4.1 and 2.4.4.2 are to be observed.

NOTE The frequency range of the delta-network can be extended to 9 kHz using the same network impedance if decoupling of the connected signal line and coupling to the measuring receiver are designed accordingly.

2.4.4.3.2 Measurements using the T-type network

Alternatively a common mode artificial network, e.g. a T-type network according to clause 20 of CISPR 16-1, can be used for the measurement of common mode disturbance voltages in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

In contrast to the delta-network which provides a differential mode and a common mode termination with equal simulation impedances of 150 Ω , the T-network provides only a common mode termination of 150 Ω and almost no loading and high isolation to the differential mode operational signal on the communication line.

At the supply side of the T-type network a signal simulator, load circuits for d.c. or the operational signal frequency of the EUT or other circuits needed for the operation of the EUT can be connected. These circuits shall either themselves provide a differential mode RF resistance of 100 Ω – 150 Ω , as required for the particular EUT, or with a termination to provide this resistance. When no external circuit is specified for the operation of the EUT a resistor of 150 Ω shall be connected as differential mode RF termination to the T-type network. Figure 11 shows an example of a T-type network.

2.4.4.4 Mesure au moyen de sondes de tension

2.4.4.4.1 Avec un réseau fictif

Afin d'effectuer des essais sur des matériels et des systèmes comportant plusieurs lignes connectées ou connectables, il faut mesurer la tension perturbatrice, qui ne peut pas être mesurée avec des réseaux fictifs (comme par exemple pour les lignes de connexion entre les parties des constituants qui sont séparées de l'alimentation) aux connexions des lignes et aux jacks de raccordement pour antennes, aux lignes de commande et de charge, avec une sonde de tension ayant une impédance d'entrée élevée (1500 Ω ou plus) afin de garantir que les lignes ne sont pas chargées par la sonde.

Dans ces cas-là, cependant, les conducteurs d'entrée primaire doivent être isolés et raccordés du point de vue RF au réseau fictif AMN. Pour les lignes restantes, y compris celles ne devant pas être mesurées avec la sonde, il faut observer les conditions correspondantes de 2.4.4.1 ainsi que les conditions de fonctionnement indiquées pour chaque matériel dans les spécifications de produits correspondantes (par exemple la CISPR 11 et la CISPR 14) en tenant compte de la disposition et de la longueur. La sonde de tension est connectée au récepteur de mesure par un câble coaxial dont le blindage est connecté à la masse de référence et au boîtier de la sonde de tension. Aucune connexion ne doit être faite directement entre ce boîtier et les parties actives du matériel en essai.

La figure 12 donne un exemple de disposition d'essai pour la mesure de la tension perturbatrice d'une commande de régulation à semiconducteur.

2.4.4.4.2 Sans réseau fictif

Lors des essais des matériels qui ne doivent pas être mesurés avec des réseaux fictifs, la tension perturbatrice est mesurée aux bornes d'une résistance de simulation définie (comme par exemple la simulation d'une clôture électrique fictive en 5.4.1 de la CISPR 14 ou bien dans des conditions de circuit ouvert avec une disposition exactement définie et une disposition des lignes prenant en compte les spécifications de 2.4.4.1). La tension perturbatrice est mesurée avec une sonde de tension d'impédance élevée.

Cela s'applique également par exemple aux dispositifs électroniques de puissance alimentés à partir de leur propre alimentation séparée ou pour des dispositifs à batterie auxquels sont connectées des lignes installées séparément qui ne doivent pas être chargées.

Dans le cas de mesures de la tension perturbatrice sur des sources de puissance séparées pour des courants supérieurs à 25 A (par exemple batterie, générateur, convertisseur), il faut effectuer une mesure de l'impédance pour s'assurer que la tolérance sur la résistance simulée, conformément à la CISPR 16-1, n'est pas dépassée.

Pour les sondes, il convient que la connexion flexible à la masse, avec une impédance d'entrée R_x supérieure à 1500 Ω , ne dépasse pas de plus de 1/10 la longueur d'onde à la fréquence de mesure maximale et cette connexion doit être reliée aussi près que possible à la surface métallique servant de masse de référence. Afin d'éviter une charge capacitive supplémentaire au point d'essai par le blindage de la sonde, il convient que la pointe de la sonde ne dépasse pas une longueur approximative de 3 cm. Il faut disposer les connexions blindées vers le récepteur de mesure de telle manière que la capacité du matériel à mesurer par rapport à la masse de référence ne soit pas affectée.

2.4.4.4.3 Avec un réseau fictif comme sonde de tension

Lorsque le courant nominal d'un appareil en essai dépasse celui des réseaux fictifs disponibles, un réseau fictif peut être utilisé comme une sonde de tension. L'accès du réseau fictif côté appareil en essai est connecté à chaque fil d'alimentation de l'appareil en essai (monophasé ou triphasé).

2.4.4.4 Measurements using voltage probes

2.4.4.4.1 With an artificial mains network

In order to test devices and systems with several connected or connectable lines, the disturbance voltage at the line connections, which cannot be measured with artificial mains networks (e.g. for connecting lines between parts of components which are separated from the mains) as well as the connecting jacks for antennas, control and load lines, must be measured with a voltage probe with a high input impedance ($1500\ \Omega$ or more) to ensure that the lines are not loaded by the probe.

For these cases, however, the primary power input wires must be isolated and RF terminated with the AMN. For the remaining lines, also those not to be measured with the probe, the corresponding conditions of 2.4.4.1 and the operating conditions laid down for the individual devices in the respective product specifications (e.g. CISPR 11 and CISPR 14) must be observed in regard to arrangement and length. The voltage probe is connected to the measuring receiver via a coaxial cable, the screen of which is connected to the ground reference and the case of the voltage probe. No connection shall be made directly from this case to live parts of the EUT.

Figure 12 shows an example for a test set-up for measuring the interference voltage of a semiconductor regulating control.

2.4.4.4.2 Without an artificial mains network

During testing of EUTs which are not to be measured with artificial mains networks, the disturbance voltage is measured across a defined simulation resistance (e.g. artificial fence simulation in 5.4.1 of CISPR 14 or under open-circuit conditions with an exactly defined arrangement and line layout taking into consideration the specifications of 2.4.4.1). The disturbance voltage is measured with a high-impedance voltage probe.

This is valid also for e.g. power electronic devices which are fed from their own separate power supplies or battery devices to which separately installed lines are connected which are not to be loaded.

In the case of disturbance voltage measurements on separate individual power sources for currents of more than 25 A (e.g. battery, generator, convertor), an impedance measurement must be applied to ascertain that the tolerance of the simulated resistance, in accordance with CISPR 16-1 is not exceeded.

The flexible ground connection for probes with an input impedance R_x of more than $1500\ \Omega$ should not be longer than $1/10$ of the wave-length at the maximum measurement frequency and shall be connected in the shortest possible way to the metal surface serving as reference ground. In order to avoid additional capacitive loading of the test point by the screening of the probe, the tip of the probe should not exceed a length of approximately 3 cm. The screened connections to the measuring receiver must be arranged in such a way that the capacitance of the test object is not altered with respect to the reference ground.

2.4.4.4.3 Artificial mains network as voltage probe

Where the current rating of an EUT exceeds the rating of available AMNs, the AMN can be used as a voltage probe. The EUT port of the AMN is connected to each of the supply lines of the EUT (single or three phase).

Avant de connecter un réseau fictif à la tension d'alimentation, il doit être connecté de façon sûre à la terre physique locale (conducteur PE).

ATTENTION: Avant de déconnecter le conducteur PE, il convient de déconnecter le réseau fictif de la tension d'alimentation. L'accès "alimentation" du réseau fictif est laissé ouvert. Lorsque le réseau fictif est connecté comme une sonde de tension, les broches du connecteur d'entrée d'alimentation du réseau fictif sont alimentées par la tension d'alimentation. Les broches du connecteur doivent être protégées par un capot isolant ou d'autres moyens.

Dans la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz, les fils d'alimentation de l'appareil en essai doivent être connectés à l'alimentation par une inductance de 30 μ H à 50 μ H (voir la figure A.8, configuration 2). L'inductance peut être réalisée par une bobine, une ligne d'environ 50 m ou un transformateur. Dans la bande de fréquences de 9 kHz à 150 kHz, une inductance plus grande sera en principe nécessaire pour le découplage avec l'alimentation. Ceci assure également une réduction du bruit provenant du réseau d'alimentation (voir A.5).

Puisque les mesures avec des réseaux fictifs dans leur configuration conventionnelle sont préférentielles, il convient d'utiliser le réseau fictif en mode sonde de tension uniquement pour des essais *in situ* ou lorsque les limitations pratiques en courant sont dépassées. Cette configuration ne doit pas être utilisée pour la mesure conformément à une norme de produit, à moins que cette méthode ne soit expressément prise en référence comme autre méthode possible dans la norme de produit.

2.4.4.5 Mesure au moyen de sondes de courant

Les mesures du courant perturbateur peuvent être utiles pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il peut être impossible, dans certains dispositifs, d'insérer un réseau fictif. Cela est tout particulièrement vrai lorsque les essais sont effectués sur des systèmes installés, ou lorsque le matériel en essai fonctionne avec des courants élevés. D'autre part, dans la partie basse de la gamme de fréquences, l'impédance d'alimentation devient très faible; par conséquent, la source de perturbation est un générateur de courant. La mesure de ce courant peut être effectuée au moyen d'un transformateur de courant sans interrompre ou déconnecter la connexion d'alimentation.

Les sondes de courant doivent être conformes aux exigences de l'article 12 de la CISPR 16-1.

Les sondes de courant permettent de mesurer directement les composantes D en mode commun du courant perturbateur en entourant le câble contenant tous les conducteurs. De cette manière, les courants perturbateurs en mode commun peuvent être facilement séparés des courants utiles en mode différentiel.

Si les mesures sont effectuées avec des impédances de charge et de source connues, la tension perturbatrice peut être calculée.

Si un seul des conducteurs est entouré, on mesure la superposition des composantes de courant en mode commun et en mode différentiel. Si, dans ce cas, il existe un courant utile de valeur très élevée (supérieure à 200 A), on risque d'obtenir des données erronées en raison de la saturation possible du noyau magnétique de la sonde de courant.

2.4.5 Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émission conduite

2.4.5.1 Approche générale des mesures des systèmes

L'objectif général de définition d'une configuration d'essai d'un système pour des mesures d'émission conduite comporte les points clés suivants:

- éviter les perturbations en mode commun par boucle de masse;
- définir une configuration qui soit facilement reproductible;

Prior to connecting an AMN to the mains supply, it must be safely connected to the local physical earth PE.

WARNING: Before disconnecting the PE, the AMN should be disconnected from the mains supply. The mains port of the AMN is left open. When the AMN is connected as a voltage probe, the pins on the AMN power input connector/plug will be energized by the supply voltage. The pins on the plug must be made safe with an insulated protective cover or other means.

In the frequency range of 150 kHz to 30 MHz, the supply lines of the EUT shall be connected to the mains via an inductance of 30 μ H to 50 μ H (see figure A.8, configuration 2). The inductance may be realized by a choke, a line of 50 m length or a transformer. In the frequency range of 9 kHz to 150 kHz a greater inductance will normally be required for decoupling from the mains. This guarantees also a reduction of noise from the mains network (see A.5).

Since measurements are preferable with AMNs in their standard configuration, the AMN as a voltage probe should only be used for *in situ* tests and where practical current limitations are exceeded. It shall not be used for testing according to a product standard unless it is referred to in the product standard as an alternative measuring method.

2.4.4.5 Measurements using current probes

Disturbance current measurements may be useful for several reasons. The first is that in some devices it may not be possible to insert an artificial mains network. This is particularly true when tests are performed on installed systems, or where the EUT has very high currents. A second reason for the use of the current probe is that at the lower end of the frequency range the mains impedance becomes very low, so the disturbance source is a current generator. The measurement of this current can be made by means of a current transformer without interrupting or disconnecting the mains connection.

Current probes shall conform to the requirements of clause 12 of CISPR 16-1.

Current probes enable the direct measurement of the D common mode components of the disturbance current by enclosing the cable containing all leads. Therefore, common mode disturbance currents can be easily separated from differential mode operating currents.

If measurements are performed with known load and source impedances, the disturbance voltage can be calculated.

If only one conductor is enclosed, the superposition of the differential and common mode disturbance current components is measured. If, in this case, any extremely high (above 200 A) operating current exists, there is a risk of false data because the magnetic core of the current probe may saturate.

2.4.5 System test configuration for conducted emissions measurements

2.4.5.1 General approach to system measurements

The general objective of defining a system test configuration for conducted emission measurements has the following key points:

- avoiding common mode disturbance ground loops;
- defining a configuration which is easily duplicated;

- découpler de la ligne mesurée, les lignes qui ne sont pas mesurées;
- placer les lignes pour obtenir un découplage;
- appliquer les exigences de 2.4.1 à 2.4.4 dans la plus large mesure possible pour l'essai du système.

Lorsque cela est possible, la tension perturbatrice sur une ligne d'un système doit être mesurée au moyen d'un réseau fictif. Pour des courants jusqu'à 50 A, les réseaux fictifs peuvent être utilisés relativement facilement. Le réseau fictif doit être installé dans un rayon de 80 cm par rapport au matériel du système en essai. Chaque fil d'un circuit d'alimentation électrique multiconducteurs doit être acheminé au travers d'un réseau fictif. La borne de mesure de chaque réseau fictif doit être bouclée par une résistance de 50 Ω .

Le matériel en essai doit être disposé et connecté avec les câbles terminés conformément aux instructions du fabricant.

Pour certaines mesures, il est possible de spécifier, dans les publications de produits applicables, l'usage de sondes de tension associées à une charge spécifique, au lieu d'un réseau fictif. Une sonde de tension peut également être utilisée pour des mesures en conduction lorsque le courant d'alimentation est supérieur à 50 A et qu'un réseau fictif approprié n'est pas disponible. Dans ce cas cependant, les résultats des essais effectués avec un réseau fictif ont la priorité sur les résultats obtenus avec une sonde de tension.

Pour certaines mesures, l'utilisation des sondes de courant peut être spécifiée dans la Publication de produits applicable.

2.4.5.2 Configuration du système

Le système doit être configuré, installé, disposé et mis en fonctionnement avec soin, d'une manière qui soit la plus représentative de l'utilisation normale (c'est-à-dire comme spécifié dans le manuel d'instruction) ou comme spécifié dans le présent document. Il convient qu'un matériel fonctionnant normalement dans un système constitué de multiples unités interconnectées soit soumis aux essais comme élément d'un système type opérationnel.

En général, le système soumis à des essais doit être du même type que celui mis sur le marché pour l'utilisateur final. Si les informations de commercialisation ne sont pas disponibles, ou s'il est difficile de réunir une quantité importante de matériels pour reproduire dans sa totalité l'installation du produit commercialisé, l'essai doit être réalisé en faisant appel aux compétences de l'ingénieur d'essai en consultation avec l'équipe d'ingénierie de conception. Les résultats de toute discussion de ce type et du processus de décision doivent être documentés dans le rapport d'essai.

Le choix et l'emplacement des câbles, des cordons d'alimentation en courant alternatif de l'unité principale et des périphériques dépend du type du matériel en essai et doit être représentatif de l'installation prévue pour le matériel. On distingue trois types. Il existe tout d'abord des systèmes utilisés normalement dans leur totalité sur une seule table. Le second type de système comprend des matériels normalement posés sur le sol. Il comprend les systèmes montés sur un plancher surélevé, spécialement conçu, ce qui facilite la connexion entre les parties du système sous le plancher surélevé. Les matériels constituant le système posé sur le sol peuvent être interconnectés au moyen de câbles posés sur le plancher, sous le plancher dans une installation à plancher surélevé, ou bien encore en hauteur conformément à l'installation normale. Le troisième type comprend les systèmes qui sont la combinaison des systèmes posés sur le sol et de ceux posés sur une table. La suite de cette section donne des instructions d'essai pour chacun de ces types. De plus, les exigences spécifiques de 2.4.1 à 2.4.4 doivent être observées.

Les matériels d'un système, normalement posés sur le sol, doivent être placés sur un plancher conformément à 2.4.4.1. Les matériels conçus pour fonctionner à la fois sur une table et au sol doivent être soumis aux essais uniquement dans la configuration en dessus de table.

- decoupling of lines not being measured from the line being measured;
- placing of lines to achieve decoupling;
- duplicating requirements in 2.4.1 to 2.4.4 for the system test to the maximum extent possible.

Whenever possible, the disturbance voltage on a system line shall be measured with an AN. For currents up to 50 A, ANs can be used quite easily. The AN shall be installed within 80 cm of the system equipment being measured. Each wire of a multi-wire power mains circuit shall be routed through an AN. Each AN shall be terminated with a 50 Ω resistor at the measurement terminal.

The EUT shall be arranged and connected with cables terminated in accordance with the manufacturer's instructions.

For some measurements, relevant product publications may state a specific load to be used together with load voltage probes, instead of an AN. A voltage probe may also be used for conducted measurements when the mains current is above 50 A and an appropriate AN is not available. In this latter case test results with an AN will take precedence over the results with a voltage probe, however.

For some measurements, the use of current probes may be specified in the relevant product publication.

2.4.5.2 System configuration

The system shall be carefully configured, installed, arranged and operated in a manner that is most representative of the system as typically used (i.e. as specified in the instruction manual) or as specified herein. Equipment that typically operates within a system made up of multiple interconnected units should be tested as part of such a typical operational system.

Generally, the system that is tested shall be of the same type that is supplied to the end user. If the marketing information is not available or it is not practical to assemble extraordinary amounts of equipment to replicate a complete product installation, the test shall be performed using the best judgement of the test engineer in consultation with the design engineering staff. The results of any such discussion and decision process shall be documented in the test report.

The selection and placement of cables, a.c. line cords, host and peripherals depends on the type of EUT and must be representative of expected equipment installation. Three types are distinguished. First, there are systems normally used entirely on one table top. A second type of system consists of equipment normally used in a floor-standing configuration. These include systems mounted over a specially designed raised floor which facilitates intra-system connection under the raised floor. Equipment making up the floor-standing system can be interconnected with cabling lying on the floor, under the floor in a raised floor installation, or overhead according to normal installation. Third, there are systems that are a combination of floor-standing and table-top systems. The remainder of this clause provides instructions for the testing of each of these systems. In addition, the specific requirements in 2.4.1 to 2.4.4 shall be observed.

Equipment in a system, normally being floor-standing, shall be placed on a floor in accordance with 2.4.4.1. Equipment designed for both table-top and floor operation shall be tested only in the table-top configuration.

2.4.5.2.1 Conditions de fonctionnement

Le système doit être mis en œuvre sous la tension de fonctionnement assignée (nominale) et dans les conditions de charge types – mécaniques, électriques, ou les deux – pour lesquelles il a été conçu. Les charges peuvent être réelles ou simulées comme décrit dans les exigences particulières du matériel. Pour certains systèmes, il peut être nécessaire de développer un ensemble d'exigences explicites spécifiant les conditions d'essai, les types de fonctionnement, etc., devant être employés pour effectuer des essais sur un système spécifique.

Si le système comprend une console de visualisation ou un moniteur, les conditions de fonctionnement suivantes s'appliquent, sauf spécification contraire de la publication de produits:

- a) mettre le contraste au maximum;
- b) mettre la luminosité au maximum, ou au niveau d'extinction de la trame, si celle-ci apparaît avant d'atteindre le maximum de luminosité;
- c) pour les moniteurs couleur, utiliser des lettres blanches sur fond noir, pour représenter toutes les couleurs;
- d) choisir le cas le plus défavorable entre la vidéo négative ou la vidéo positive, si les deux possibilités sont disponibles;
- e) choisir la taille des caractères et leur nombre par ligne de manière à afficher sur l'écran le nombre maximal de caractères;
- f) pour un moniteur non graphique, sans tenir compte de la carte vidéo utilisée, un modèle de texte aléatoire doit être affiché;
- g) pour un moniteur graphique, même si une autre carte vidéo peut être nécessaire pour obtenir un affichage graphique, il convient d'afficher un modèle en ligne de H déroulants;
- h) si un moniteur ne dispose pas de capacités de texte, utiliser un affichage type.

2.4.5.2.2 Matériels d'interface, simulateurs et câbles

Les essais de conformité sont effectués en plaçant des périphériques et des câbles d'une manière qui soit jugée réaliste et susceptible d'être trouvée dans l'installation définitive. Les figures 1, 3, 4 et 5 décrivent les montages d'essai normalisés qui fournissent une base pour la reproductibilité des essais dans les différents laboratoires d'essai; cette base est cohérente avec les exigences d'un système réaliste et d'une disposition des câbles. Tout écart par rapport aux montages d'essais normalisés doit faire l'objet d'un document comportant l'exposé des motifs.

Etant donné qu'un système est nécessairement en interaction fonctionnelle avec d'autres unités, il convient d'utiliser les unités d'interface réelles. Des simulateurs peuvent être utilisés pour obtenir des conditions de fonctionnement représentatives, à condition que les effets du simulateur utilisés à l'emplacement d'une unité d'interface représentent correctement les caractéristiques électriques, et mécaniques dans certains cas, des unités d'interface, particulièrement en ce qui concerne les signaux RF, les impédances et les terminaisons blindées. En raison du degré supplémentaire d'incertitude lors de l'utilisation d'un simulateur, il convient d'éviter si possible cette utilisation. En cas de contestation, les mesures effectuées avec une unité d'interface réelle doivent faire référence. Si un dispositif est conçu pour être utilisé uniquement avec un ordinateur central ou un périphérique spécifique, il convient d'effectuer les essais avec cet ordinateur ou périphérique.

Il convient d'employer des câbles d'interface typiques de l'utilisation normale, tels qu'ils sont fournis avec le système normal et d'au moins 2 m de longueur, sauf si le manuel de l'utilisateur, fourni par le fabricant, spécifie l'utilisation de câbles plus courts. Il convient d'utiliser tout au long des essais le même type de câble (c'est-à-dire non blindé, blindage tressé, blindage à feuilles, etc.) spécifié dans le manuel de l'utilisateur. Les longueurs de câble supplémentaires doivent être repliées en un faisceau en forme de serpent, approximativement au centre du câble, avec des faisceaux de 30 à 40 cm de longueur.

2.4.5.2.1 Operating conditions

The system shall be operated at the rated (nominal) operating voltage and typical load conditions – mechanical or electrical, or both – for which it is designed. Loads may be actual or simulated as described in the individual equipment requirements. For some systems, it may be necessary to develop a set of explicit requirements specifying the test conditions, operations, etc. to be used in testing a specific system.

If the system includes a visual display unit or monitor, the following operating conditions apply unless the product publication specifies otherwise:

- a) set the contrast control to maximum;
- b) set the brightness control to maximum or at raster extinction if raster extinction occurs at less than maximum brightness;
- c) for colour monitors, use white letters on a black background to represent all colours;
- d) select the worst case of positive or negative video if both are available;
- e) set character size and number of characters per line so that the maximum number of characters per screen is displayed;
- f) for a monitor that has no graphics capabilities, regardless of the video card used, a pattern consisting of random text shall be displayed;
- g) for a monitor with graphics capabilities, even though another video card may be needed to accomplish a graphic display, a pattern consisting of a line of scrolling Hs should be displayed;
- h) if a monitor has no text capabilities, use a typical display.

2.4.5.2.2 Interfacing equipments, simulators and cables

Compliance testing is performed with peripheral and cable placement which is judged realistic and likely to be found in the final installation. Figures 1, 3, 4 and 5 describe standardized test set-ups which will provide a basis for repeatability among testing laboratories and is consistent with the requirement for a realistic system and cable orientation. Any deviation from the standard test set-ups shall be documented together with its supporting rationale.

Since a system is required to interact functionally with other units, the actual interfacing units should be used. Simulators may be used to provide representative operating conditions, provided the effects of the simulator used in lieu of an actual interfacing unit properly represent the electrical, and in some cases the mechanical, characteristics of the interfacing units, especially concerning RF signals, impedances and shield terminations. Because of the added degree of uncertainty when a simulator is used, such use should be avoided if possible. In case of a dispute, measurements made with an actual interfacing unit shall take precedence. If a device is designed to be used only with a specific host computer or peripheral, it should be tested with that computer or peripheral.

Interfacing cables should be typical of normal use as supplied with the normal system and at least 2 m long unless the manufacturer's user manual specifies shorter cables. The same type of cable (that is, non-shielded, braided shield, foil shield, etc.) specified in the user manual should be used throughout the tests. Excessive lengths of cable shall be folded into a serpentine-like bundle at the approximate centre of the cable with the bundles 30 cm to 40 cm in length.

Si des câbles blindés ou spéciaux sont utilisés lors des essais pour obtenir la conformité, il faut inclure une déclaration dans le rapport d'essai et dans le manuel d'instructions indiquant la nécessité d'utiliser ces types de câbles.

Les accès d'interface (connecteurs) doivent avoir un câble connecté à l'un de chacun des types d'accès d'interface fonctionnel du système et chaque câble doit être raccordé à un dispositif typique de l'utilisation réelle. Dans le cas où il existe de multiples accès d'interface tous du même type, des câbles supplémentaires de connexion doivent être ajoutés au système pour déterminer leur effet sur les émissions provenant du système.

Normalement, la charge des accès similaires se limite à ce qui suit:

- a) disponibilité de charges multiples (pour de grands systèmes);
- b) caractère raisonnable de charges multiples représentant une installation type.

Les raisons du choix de la configuration et du mode de charge des accès doivent figurer dans le rapport d'essai; c'est-à-dire: 25 % des câbles possibles ont été connectés et les émissions n'ont pas augmenté de plus de 2 dB lorsqu'un ou plusieurs câbles ont été ajoutés. Il est inutile de connecter ou d'utiliser lors des essais des accès supplémentaires sur des unités de support, d'interface, ou bien encore des simulateurs, autres que ceux associés au système ou au système minimal requis.

2.4.5.2.3 Connexion de l'alimentation électrique

Si le système est constitué d'un ensemble de matériels ayant chacun leur propre cordon d'alimentation, le point de connexion des réseaux fictifs est déterminé à partir des règles suivantes:

- a) chaque cordon d'alimentation terminé par une fiche d'alimentation électrique de conception normalisée (CEI 60083 par exemple) doit être soumis aux essais séparément;
- b) les cordons d'alimentation ou bornes dont le fabricant n'a pas spécifié qu'ils devaient être connectés par l'intermédiaire d'une unité principale doivent être soumis aux essais séparément;
- c) les cordons d'alimentation ou bornes pour le câblage dont le fabricant a spécifié qu'ils devaient être connectés à une unité principale ou de tout autre matériel d'alimentation électrique doivent être connectés à cette unité principale ou à cet autre matériel d'alimentation électrique. Les bornes ou cordons de cette unité principale de cet autre matériel d'alimentation électrique sont connectés aux réseaux fictifs et soumis aux essais;
- d) lorsqu'une connexion spéciale de l'alimentation électrique est spécifiée, le matériel nécessaire à la connexion au réseau fictif doit être fourni par le fabricant pour les besoins de l'essai.

Le conducteur de mise à la terre des unités alimentées séparément doit être isolé du matériel en essai par un réseau fictif de 50 μ H dans la gamme de fréquences comprise entre 0,15 MHz et 30 MHz. L'entrée d'alimentation normale du réseau fictif est reliée à la masse de référence lorsqu'on utilise, comme dans ce cas, le réseau fictif en tant que filtre.

2.4.5.3 Mesure des lignes d'interconnexion

En plus des mesures sur les bornes d'alimentation, il peut être nécessaire d'effectuer les mesures avec une sonde de tension sur les autres bornes pour les câbles d'entrée et de sortie (par exemple lignes de commande et de charge). Si le fonctionnement du matériel en essai est affecté par l'impédance de 1500 Ω de la sonde, il peut être nécessaire d'augmenter l'impédance à 50/60 Hz et aux fréquences radioélectriques (par exemple 15 k Ω en série avec 500 pF). Il est possible de remplacer une mesure de tension par une mesure de courant effectuée avec une sonde de courant, si la spécification de produits l'exige (ou le propose en option).

Pendant les mesures, les réseaux fictifs sur le cordon d'alimentation demeurent en place afin de fournir une isolation d'alimentation et une terminaison RF définies. Le matériel auxiliaire (commande, charge) est connecté pour pouvoir effectuer des mesures dans toutes les conditions de fonctionnement données et pendant les interactions entre les matériels. Les mesures sont effectuées sur les bornes spécifiées de chaque matériel.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a statement must be included in the test report and in the instruction manual advising of the need to use those types of cables.

Interface ports (connectors) shall have a cable connected to one of each type of functional interface port of the system, and each cable shall be terminated in a device typical of actual usage. Where there are multiple interface ports all of the same type, additional connecting cables shall be added to the system to determine the effect these cables have on emissions from the system.

Normally, the loading of similar ports is limited to the following:

- a) availability of multiple loads (for large systems);
- b) reasonableness of multiple loads representing a typical installation.

The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report; that is 25 % of possible cables were connected and the emissions did not increase by more than 2 dB when one or more cables were added. Additional ports on support units, interfacing units or simulators, other than those associated with the system or the minimum required system, need not be connected or used during testing.

2.4.5.2.3 Mains connection

If the system is an assembly of equipment each having its own power cords, the point of connection for the ANs is determined from the following rules:

- a) each power cord which terminates in a mains supply plug of a standard design (IEC 60083, for example) shall be tested separately;
- b) power cords or terminals which are not specified by the manufacturer to be connected via a host unit shall be tested separately;
- c) power cords or field wiring terminals which are specified by the manufacturer to be connected to a host unit or other power-supplying equipment shall be connected to that host unit or other power-supplying equipment, and the terminals or cords of that host unit or other power-supplying equipment are connected to the ANs and tested;
- d) where a special mains connection is specified, the necessary connection hardware to the AN shall be supplied by the manufacturer for the purpose of the test.

The ground safety conductor of units separately powered shall be isolated from the equipment under test by a 50 μ H AN in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz. The normal AN mains input is connected to the reference ground in this use of the AN as a filter.

2.4.5.3 Measurements of interconnecting lines

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements may need to be performed with a voltage probe on other terminals for incoming and outgoing leads (for example control and load lines). If the function of the equipment under test is affected by the 1500 Ω impedance of the probe, the impedance at 50/60 Hz and at radio frequencies may need to be increased (for example 15 k Ω in series with 500 pF). In place of a voltage measurement, a current measurement with a current probe may also be used, if required (or offered as an option) in the product specification.

During the measurement, the ANs on the mains lead remain in place to provide a defined mains isolation and a defined RF termination. The auxiliary apparatus (control, load) is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between the equipments. Measurements are made on the specified terminals of each equipment.

Si les lignes de connexion entre les matériels sont fixées de manière permanente aux deux extrémités et si elles ont une longueur inférieure à 2 m ou sont blindées, aucune mesure n'est nécessaire, à condition que, dans ce dernier cas, le câble blindé soit connecté à ses deux extrémités à la masse de référence, c'est-à-dire au boîtier métallique des matériels. Les lignes de connexion non blindées, comportant des fiches ou embases, sont considérées comme étant extensibles jusqu'à une longueur supérieure à 2 m; il faut donc les étendre sur une longueur minimale de 2 m et les soumettre à des essais. Il faut que les câbles blindés aient une longueur minimale de 2 m sauf si le manuel de l'utilisateur spécifie l'utilisation de câbles plus courts.

2.4.5.4 Découplage des composantes du système

L'une des sources d'erreur lors des mesures en conduction dans un système est la présence d'un quelconque courant de masse. Ce courant de masse peut être interrompu en installant un réseau fictif de 50 μ H, dans la gamme de fréquences comprise entre 0,15 MHz et 30 MHz, dans le conducteur de mise à la terre de protection du matériel en essai.

Une autre source de circulation de courant peut provenir des blindages des câbles d'interconnexion entre les unités. Par conséquent, le conducteur de protection de ces unités doit également être isolé par un réseau fictif de 50 μ H.

Il convient de référencer à la masse le récepteur de mesure de perturbation, uniquement au point de mesure afin d'éviter les boucles de masse. (Attention: un risque de choc peut exister si le matériel de mesure n'est pas fourni avec un transformateur d'isolement.)

2.4.6 Mesure *in situ*

Il est possible d'effectuer les essais chez l'utilisateur final ou chez le fabricant, si le système ne peut pas être installé sur un emplacement d'essai. Dans ce cas, le système et son emplacement sont considérés ensemble comme le système soumis aux essais. Les résultats de l'émission ne concernent que l'emplacement de l'installation car les propriétés du contour de l'emplacement affectent les mesures. Cependant, lorsque les essais pour un système donné ont été réalisés en trois emplacements représentatifs ou plus, les résultats peuvent être considérés comme représentatifs de tous les emplacements comportant des systèmes similaires dans le but de déterminer la conformité avec les exigences d'émission (si cela est accepté dans le document relatif à l'acquisition de matériel ou aux exigences).

La tension perturbatrice doit être mesurée dans les conditions de conduction existantes au moyen de sondes non réactives (sondes de tension à résistance élevée). Les conditions de conduction et les résultats des mesures sont affectés par:

- la terre de référence existante ou la masse de référence utilisée lors des mesures. Ni un plan de masse conducteur ni un réseau fictif ne doivent être utilisés pour les essais dans l'installation de l'utilisateur, à moins que l'un – ou les deux – ne soient inclus de manière permanente dans l'installation;
- les caractéristiques RF et les conditions de charge pour la conduction de l'alimentation électrique;
- l'environnement RF ambiant;
- l'impédance d'entrée de la sonde.

2.4.6.1 Masse de référence

Il convient d'utiliser la terre existant à l'emplacement de l'installation comme masse de référence. Il convient de la choisir en prenant en compte des critères de haute fréquence (RF). Généralement, on obtient ce résultat en connectant le matériel en essai, par l'intermédiaire de connexions larges présentant un rapport longueur-largeur de 3 au maximum, aux parties conductrices de la structure des bâtiments, connectées à la terre de référence. Cela comprend, par exemple, les tuyaux d'eau métalliques, les tuyauteries de chauffage central, les conducteurs de protection contre la foudre, les armatures de béton armé, les poutres en acier.

If the connecting lines between equipments are permanently fixed on both ends and either shorter than 2 m or shielded, no measurements are necessary, provided that in the latter case the shielded cable is connected at both ends to the reference ground, that is metal housing of the equipments. Non-shielded connecting lines with plug(s) or socket(s) are considered to be extendable to a length of more than 2 m and therefore must be extended by at least 2 m and must be tested. Shielded cables must be at least 2 m long unless the user manual specifies shorter cables.

2.4.5.4 Decoupling of system components

One of the sources of inaccurate conducted measurements in a system is any ground circulating current. This ground current may be interrupted by installing a 50 μ H AN in the frequency range 0,15 MHz – 30 MHz in the ground safety conductor to the EUT.

An additional source of circulating currents can be the shields of interconnecting cables between units. Therefore, the ground safety conductor to these units shall also be isolated by a 50 μ H AN.

The measurement receiver should be referenced to ground only at the measurement point to prevent ground loops. (Caution: shock hazard may exist if the measuring set is not supplied with an isolation transformer.)

2.4.6 In situ measurements

Testing may be performed at the end user's or manufacturer's premises, if the system cannot be set up on test site. In this case, both the system and its location are considered as the system tested. The emission results are unique to the installation site because site containment properties affect the measurement. However, where testing of a given system has been accomplished at three or more representative locations, the results may be considered representative of all sites with similar systems for purposes of determining compliance with emission requirements (if allowed in the procuring or requirement document.)

The disturbance voltage shall be measured under the existing conduction conditions with non-reactive pick-up devices (high resistance voltage probes). The conduction conditions and measurement results are affected by:

- the existing reference ground or the reference mass used during measurement. Neither a conducting ground plane nor an AN shall be installed for user's installation testing unless one or both are to be a permanent part of the installation;
- the RF characteristics and loading conditions for the power mains conduction;
- the ambient RF environment; and
- the input impedance of the pick-up device.

2.4.6.1 Reference ground

The existing ground at the place of installation should be used as reference ground. This should be selected by taking high-frequency (RF) criteria into consideration. Generally, this is accomplished by connecting the EUT via wide straps, with a length-to-width ratio not exceeding 3, to structural conductive parts of buildings that are connected to earth ground. These include metallic water pipes, central heating pipes, lightning wires to earth ground, concrete reinforcing steel and steel beams.

En général, les conducteurs de protection et les conducteurs de neutre de l'installation électrique ne conviennent pas comme masse de référence car ils sont susceptibles de porter d'autres tensions de perturbation et peuvent présenter des impédances RF non définies.

Si aucune masse de référence n'est disponible aux environs du matériel à mesurer ou à l'emplacement des mesures, des structures conductrices suffisamment importantes telles que des feuilles métalliques ou des treillis en fil métallique, installées à proximité, peuvent être utilisées comme masse de référence pour les mesures.

Il convient d'observer les exigences générales du 2.4.4.2.1 et de l'annexe A.

2.4.6.2 Mesure au moyen de sondes de tension

Les mesures de la tension perturbatrice conduite sont effectuées avec la sonde de tension. Il faut prendre des précautions spéciales pour établir une masse de référence pour les mesures.

Toute baisse de tension provoquée par la charge du circuit à mesurer peut être déterminée qualitativement en faisant varier l'impédance d'entrée de la sonde de tension. Si l'impédance d'entrée de la sonde de tension est élevée en comparaison de l'impédance interne du point d'essai ou du réseau en essai, seules de légères différences apparaissent dans les mesures de la tension perturbatrice lorsque l'on augmente l'impédance d'entrée de la sonde. L'impédance d'entrée de la sonde peut être doublée en connectant une résistance de 1500 Ω en série. Si la tension perturbatrice est réduite de 5 ou 6 dB (comme prévu), la sonde de 1500 Ω peut être utilisée pour mesurer la tension de perturbation.

2.4.6.3 Choix des points de mesure

Les mesures de tension perturbatrice radioélectrique à l'emplacement de l'installation sont effectuées aux limites des locaux de l'utilisateur final, ou des zones industrielles, ou encore en des points qui doivent être spécifiés à l'intérieur de la zone d'influence du système de réception.

2.4.6.3.1 Mesure sur le réseau et sur d'autres conducteurs d'alimentation

Dans les réseaux d'alimentation électrique, il suffit de mesurer la tension perturbatrice non symétrique avec la sonde de tension au niveau des prises de courant accessibles, à proximité de l'entrée d'alimentation du bâtiment.

2.4.6.3.2 Mesure sur des câbles non blindés et blindés

Dans le cas des câbles non blindés et blindés, de signaux, de commande et de charge avec blindage non relié à la masse quittant les limites de l'emplacement, la tension perturbatrice non symétrique doit être mesurée au moyen de la sonde de tension sur les conducteurs individuels ou les écrans, par rapport à la masse de référence.

Dans le cas de câbles blindés avec blindage relié à la masse, le courant perturbateur en mode commun se mesure à une distance supérieure à un dixième de la longueur d'onde à partir des points de connexion et de masse en utilisant une sonde de courant.

2.5 Mesure à l'aide d'une pince absorbante (entre 30 MHz et 1 000 MHz)

2.5.1 Généralités

Les pinces absorbantes (voir figure 13) conviennent à la mesure de la puissance perturbatrice qui peut être rayonnée par les câbles de certains types de matériels, en fonction de leur construction et de leur taille. Il faut que la procédure précise de mesure et son applicabilité figurent dans chaque spécification de produits. Si les dimensions du matériel en essai sans cordon de raccordement sont voisines d'un quart de longueur d'onde à la fréquence de mesure, un rayonnement direct de l'enveloppe peut se produire et la méthode de la pince absorbante n'est pas adaptée à l'évaluation de la capacité de rayonnement globale du matériel en essai. En général, cette méthode est utile surtout pour les matériels en essai de petite taille, dans la gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 300 MHz.

In general, the safety and neutral conductors of the power installation are not suitable as reference ground as these may carry extraneous disturbance voltages and can have undefined RF impedances.

If no suitable reference ground is available in the surroundings of the test object or at the place of measurement, sufficiently large conductive structures such as metal foils, metal sheets or wire meshes set up in the proximity can be used as reference ground for measurement.

The general requirements of 2.4.4.2.1 and of annex A should be observed.

2.4.6.2 Measurement with voltage probes

Testing of conducted disturbance voltage is made with the voltage probe. Special precautions must be taken to establish a reference ground for the measurements.

Any voltage decrease caused by loading of the circuit to be measured can be determined qualitatively by varying the voltage probe input impedance. If the input impedance of the voltage probe is high compared to the internal impedance of the test point or of the tested network, then only slight differences in the measurement of the disturbance voltage occur when the probe input impedance is increased. The input impedance of the probe can be doubled by series connection of a 1500 Ω resistor. If the disturbance voltage is reduced by (the predicted) 5 dB or 6 dB, then the 1500 Ω probe can be used to measure the disturbance voltage.

2.4.6.3 Selection of measuring points

Radio disturbance voltage measurements at the place of installation are carried out at the boundaries of the user's premises, of industrial areas, or at points to be specified within the influence area of receiving system.

2.4.6.3.1 Measurements on mains and other supply leads

In power supply networks it is sufficient to measure the unsymmetric disturbance voltage with the voltage probe at accessible power outlets near the power entrance to the building.

2.4.6.3.2 Measurements on unshielded and shielded cables

In the case of non-shielded and shielded signal, control and load leads with non-grounded shield leaving the boundaries, the unsymmetric disturbance voltage shall be measured with the voltage probe on the individual wires or the screens against reference ground.

In the case of shielded cables with grounded shield, the common mode disturbance current is measured at a distance greater than one-tenth wavelength from the connecting and grounding points using a current probe.

2.5 Measurements using the absorbing clamp, 30 MHz to 1 000 MHz

2.5.1 General

Absorbing clamps (see figure 13) are suitable for the measurement of the disturbance power that can be radiated from a cable for some types of equipment depending on construction and size. The precise measuring procedure and its applicability is to be specified in each product specification. If the dimensions of the EUT, without connecting leads, approach a quarter of a wavelength of the measuring frequency, direct cabinet radiation may occur and the absorbing clamp method is not suitable to assess the full radiation capacity of the EUT. In general, the method is most useful for small EUTs and in the frequency range of 30 MHz to 300 MHz.

Le pouvoir perturbateur d'un matériel en essai dont le seul cordon externe est le cordon d'alimentation peut être considéré comme la puissance qu'il peut fournir à son cordon d'alimentation agissant comme une antenne rayonnante. Cette puissance est presque égale à celle fournie par le matériel en essai à la pince absorbante placée autour du cordon à l'endroit où la puissance absorbée est maximale.

Les matériels ayant des câbles externes autres que le cordon d'alimentation peuvent rayonner une perturbation à partir de ces câbles, blindés ou non blindés, de la même manière qu'à partir du cordon d'alimentation. Des mesures avec une pince absorbante peuvent être également effectuées sur ces câbles à des fins de diagnostic.

Il est possible de mesurer le rayonnement des câbles à des fréquences au-delà de 300 MHz et jusqu'à 1000 MHz avec une pince absorbante appropriée. Ces mesures sont adaptées également au diagnostic. Il convient de noter, cependant, que le rayonnement peut également émaner directement des matériels.

Le contexte historique de la pince absorbante est donné à l'annexe C.

2.5.2 Mesures

Lorsque l'on utilise la pince absorbante, le matériel en essai est placé sur une table non métallique, à une hauteur minimale de 80 cm. Le câble à mesurer est étiré horizontalement en ligne droite, afin de permettre de faire varier la position de la pince absorbante pour trouver l'indication de puissance maximale. Le câble doit avoir une longueur minimale égale à une demi-longueur d'onde à la fréquence de mesure la plus basse augmentée de la longueur de la pince absorbante et de celle d'un absorbeur supplémentaire possible: à 30 MHz, la longueur du câble est égale à 6 m et il faut qu'elle soit d'au moins 7 m pour la pince absorbante supplémentaire (de filtrage). Les câbles de longueur inférieure à 1 m ne sont pas adaptés aux mesures par pince absorbante.

La pince absorbante est placée autour du câble à mesurer, comme l'indique la figure 13. Sa position le long du câble doit varier de zéro à une demi-longueur d'onde à partir du matériel en essai, à chaque fréquence d'essai. L'indication maximale obtenue alors sur le récepteur de mesure connecté à la pince absorbante est proportionnelle à la puissance perturbatrice disponible.

Lorsque les mesures sont effectuées sur un matériel ayant plus d'un cordon raccordé, les cordons détachables doivent être retirés, si cela est possible pour le fonctionnement du matériel, lorsque l'on mesure un autre cordon. On doit isoler les cordons que l'on ne peut pas retirer au moyen d'anneaux de ferrite absorbants ou d'une autre pince absorbante, placés autour du cordon immédiatement adjacent au matériel en essai.

La disposition d'essai pour la pince absorbante apparaît à la figure 13. Aucune personne ou objet métallique ne doit être placé à moins de 80 cm du dispositif de mesure. Il est possible d'effectuer le déplacement prescrit pour la pince absorbante au moyen de poulies et d'une corde actionnées par un moteur pouvant être commandé à distance.

La puissance correspondant à l'indication du récepteur de mesure à chaque fréquence d'essai est déduite du résultat de la procédure d'étalonnage de la pince absorbante décrite à l'article 13 de la CISPR 16-1.

2.6 Mesure des perturbations rayonnées

2.6.1 Introduction

La présente section établit les procédures générales de mesure du champ de perturbation radioélectrique produit par des dispositifs et des systèmes. L'expérience en matière de mesure de perturbations rayonnées est moins étendue que celle relative à la mesure de la tension. Les procédures de mesure de perturbations rayonnées sont donc susceptibles de faire l'objet de révisions ou d'extensions, au fur et à mesure de l'avancée des connaissances et de l'expérience. On doit être particulièrement attentif à l'effet des conducteurs et câbles associés au matériel en essai.

The disturbance potential of an EUT with a mains lead being the only external lead may be taken as the power it could supply to its main lead acting as a radiating antenna. This power is nearly equal to that supplied by the EUT to the absorbing clamp placed around the lead at the position where the absorbed power is maximum.

Equipment having external leads other than a mains lead can radiate disturbance from such leads, shielded or unshielded, in the same manner as radiation from the mains lead. Absorbing clamp measurements can also be used on these leads for diagnostic purposes.

Radiation from leads at frequencies above 300 MHz, up to 1000 MHz, may be measured with a suitable absorbing clamp. Such measurements are also suitable for diagnostics. However, it should be noted that radiation could emanate directly from the equipment as well.

Historical background of the absorbing clamp is contained in annex C.

2.5.2 Measurements

When using the absorbing clamp, the EUT is placed on a non-metallic table at least 80 cm high. The lead to be measured is stretched horizontally in a straight line, to permit variation in position of the absorbing clamp along the lead to find the maximum indication. The lead shall be at least a half-wavelength at the lowest frequency of measurement, plus the length of the absorbing clamp and a possible second absorbing clamp: at 30 MHz the lead length is 6 m and with the second (filtering) absorbing clamp must be at least 7 m. Leads shorter than 1 m are not suitable for absorbing clamp measurements.

The absorbing clamp is placed around the lead to be measured as shown in figure 13. The position of the absorbing clamp along the lead shall be varied from zero to one half-wavelength distance from the EUT at each test frequency. The maximum indication obtained on the measurement receiver connected to the absorbing clamp is proportional to the disturbance power available.

When measurements are made on an EUT having more than one lead attached, detachable leads shall be removed if operationally possible, at the time when another lead is measured. A lead which cannot be removed shall be isolated by means of lossy ferrite rings or another absorbing clamp put around the lead immediately adjacent to the EUT.

The test arrangement for the absorbing clamp is shown in figure 13. No person or metallic objects shall be positioned within 80 cm of the measuring set-up. The required movement of the absorbing clamp may be performed with pulleys and a rope that is operated by a motor that can be operated from a remote location.

The power corresponding to the measured receiver voltage indication at each test frequency is derived from the absorbing clamp calibration procedure described in clause 13 of CISPR 16-1.

2.6 Measurement of radiated disturbances

2.6.1 Introduction

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

Pour certains produits, il est possible que des mesures des composantes électriques et/ou magnétiques de la perturbation rayonnée soient prescrites. Parfois, il est plus approprié de mesurer une quantité liée à la puissance rayonnée. Il convient normalement de mesurer à la fois les composantes verticale et horizontale de la perturbation, par rapport au plan de masse de référence. Il est possible d'exprimer les résultats de mesure des composantes électriques ou magnétiques en valeur crête, en valeur quasi-crête, en valeur moyenne ou en valeurs efficaces.

La composante magnétique de la perturbation est normalement mesurée à des fréquences ne dépassant pas 30 MHz. Lorsqu'on mesure le champ magnétique, seule la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne de réception est mesurée lorsqu'on applique la procédure de l'antenne à distance. Si l'on utilise le système de la grande antenne cadre (LLA), on mesure les trois moments dipolaires magnétiques orthogonaux du matériel en essai. (On note que dans la méthode à antenne unique, la composante horizontale du champ à l'emplacement de l'antenne est déterminée par les moments dipolaires horizontaux et verticaux du matériel en essai, en raison du rôle joué par la réflexion).

2.6.2 Mesure du champ électromagnétique dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 1 GHz

Il est possible d'effectuer la mesure du champ électromagnétique sur un emplacement d'essai en espace libre, dans une cage de Faraday munie d'absorbant, dans une chambre réverbérante ou en utilisant un système LLA. Pour des raisons pratiques, il se peut que l'on ait d'autres emplacements d'essai à spécifier.

2.6.2.1 Mesure sur un emplacement d'essai en espace libre

L'emplacement d'essai en espace libre doit être conforme aux spécifications de l'article 16 de la CISPR 16-1 concernant ses propriétés physiques et électriques et leur validation.

2.6.2.2 Méthode générale de mesure

La figure 14 fait apparaître le concept de mesure sur un emplacement d'essai en espace libre avec des rayons directs et réfléchis par le sol arrivant sur l'antenne de réception.

Le matériel en essai est installé à une hauteur spécifiée au-dessus du plan de masse et il est configuré pour fonctionner dans des conditions normales. L'antenne est placée à la distance de séparation spécifiée. On fait effectuer une rotation au matériel en essai dans le plan horizontal et la lecture maximale est notée. La hauteur de l'antenne est réglée de manière que les rayons directs et réfléchis soient en phase ou approximativement en phase. Les étapes de procédure sont interchangeable et peuvent avoir à être répétées afin de trouver la perturbation maximale. Pour des raisons d'ordre pratique, la variation de la hauteur est limitée; une parfaite addition en phase peut, par conséquent, ne pas être atteinte.

2.6.2.3 Distance de mesure

Il convient qu'un matériel en essai soumis à une limite de perturbation rayonnée à une distance spécifiée soit mesuré à cette distance, à moins d'une impossibilité due à la taille du matériel, etc. La distance de mesure est la longueur de la projection entre le point du matériel en essai le plus proche de l'antenne et le centre de l'antenne sur le plan de masse. Dans certains dispositifs d'essai, la distance est mesurée de l'antenne au centre du rayonnement du matériel en essai. Pour une distance de mesure de 10 m, l'une ou l'autre méthode peut être utilisée. Une distance de 10 m est préférée pour la plupart des emplacements en extérieur, le niveau attendu des perturbations mesurées étant suffisamment au-dessus du niveau général de bruit ambiant pour permettre une réalisation des essais qui soit efficace. Des distances inférieures à 3 m ou supérieures à 30 m sont peu utilisées. Si une distance de mesure autre que la distance spécifiée est nécessaire, il convient d'extrapoler les résultats à l'aide des procédures spécifiées dans les normes de produits. Si aucune indication n'est donnée, on doit fournir une justification convenable pour l'extrapolation. En général, l'extrapolation ne suit pas simplement une loi de fonction inverse de la distance.

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

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

2.6.2 Field-strength measurements in the frequency range 9 kHz to 1 GHz

Field-strength measurements may be made on an open area test site, in an absorber-lined shielded enclosure, in a reverberating chamber or using a LLA system. For practical reasons other test sites may have to be specified.

2.6.2.1 Open area test site measurements

The open area test site shall conform with the relevant specifications in clause 16 of CISPR 16-1 for its physical and electrical properties and for its validation.

2.6.2.2 General measurement method

Figure 14 shows the concept of measurements made on an open area test site with the direct and ground reflected rays arriving at the receiving antenna.

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

2.6.2.3 Measurement distance

An EUT subject to a radiated disturbance limit at a specified distance should be measured at that distance unless to do so would be impractical because of equipment size, etc. The measurement distance is the length of the projection of the EUT's closest point to the antenna and the midpoint of the antenna onto the ground plane. In some test set-ups the distance is measured from the antenna to the radiation centre of the EUT. For a measurement distance of 10 m either method may be used. A distance of 10 m is preferred at most outdoor sites since at this distance the expected level of the disturbance being measured is sufficiently above the general ambient noise level to permit useful testing. Distances of less than 3 m or greater than 30 m are not generally used. If a measurement distance other than the specified distance is necessary, the results should be extrapolated using the procedures specified in the product standards. If no guidance is given, suitable justification for extrapolation shall be provided. In general, extrapolation does not follow a simple inverse distance law.

Lorsque c'est possible, il convient d'effectuer les mesures en champ lointain. La région de champ lointain peut être définie par les conditions ci-dessous.

La distance de mesure d est choisie de telle sorte que:

- a) $d \geq \lambda/6$. A cette distance, $E/H = Z_0 = 120 \pi = 377 \Omega$, c'est-à-dire que les composantes de champs électrique et magnétique sont perpendiculaires, et l'erreur de mesure est de l'ordre de 3 dB si le matériel en essai est considéré comme une antenne dipolaire accordée;
- b) $d \geq \lambda$, condition pour une onde plane, où l'erreur est de l'ordre de 0,5 dB si le matériel en essai est considéré comme une antenne dipolaire accordée;
- c) $d \geq 2D^2/\lambda$, où D est la dimension la plus grande du matériel en essai ou de l'antenne, qui détermine l'ouverture minimale pour l'illumination du matériel en essai, qui s'applique aux cas dans lesquels $D \gg \lambda$.

2.6.2.4 Variation de la hauteur d'antenne

Pour mesurer la valeur du champ électrique, on doit faire varier la hauteur d'antenne au-dessus du plan de masse à l'intérieur d'une gamme spécifiée afin d'obtenir une lecture maximale quand les rayons directs et réfléchis sont en phase. En règle générale, pour des distances de mesure inférieures ou égales à 10 m, la hauteur d'antenne, pour mesurer la valeur du champ électrique, doit varier entre 1 m et 4 m. A des distances supérieures, jusqu'à 30 m, la hauteur doit varier de préférence entre 2 m et 6 m. Il est possible que l'on ait besoin d'ajuster la hauteur minimale de l'antenne au-dessus du sol à 1 m, afin de maximiser la lecture. Ce balayage de la hauteur s'applique à la fois aux polarisations horizontale et verticale; cependant, pour la polarisation verticale, on doit augmenter la hauteur minimale de sorte que le point le plus bas de l'antenne soit à au moins 25 cm de la surface au sol de l'emplacement. Pour mesurer la valeur du champ magnétique au moyen d'une antenne-cadre magnétique unique, il est possible de fixer la hauteur de l'antenne de réception à une hauteur spécifiée (généralement un mètre entre le sol et le pied de l'antenne-cadre). L'antenne-cadre et le matériel en essai doivent être tournés en azimut afin de maximiser la perturbation mesurée.

2.6.2.5 Détails à fournir dans la spécification de produits

Outre la spécification de la méthode de mesure détaillée et des paramètres de perturbation à mesurer, les normes de produits doivent inclure d'autres détails pertinents, exposés ci-dessous.

2.6.2.5.1 Environnement de l'essai

L'influence de l'environnement de l'essai doit être prise en compte afin d'assurer un fonctionnement correct du matériel en essai. Les paramètres importants de l'environnement physique doivent être spécifiés, notamment la température et l'humidité.

L'environnement électromagnétique nécessite une considération particulière afin d'assurer la précision des mesures de perturbation. Il convient que le bruit radioélectrique ambiant et les niveaux de signaux mesurés sur l'emplacement d'essai avec le matériel en essai hors fonctionnement soient au moins de 6 dB inférieurs à la limite. Ceci n'est pas toujours réalisable à toutes les fréquences. Cependant, dans le cas où les niveaux mesurés des émissions de bruit radioélectrique ambiants plus celles du matériel en essai ne seraient pas supérieurs à la limite, le matériel en essai doit être considéré comme étant conforme à la limite. Pour indication supplémentaire concernant les niveaux ambiants et l'erreur de mesure résultante, se reporter au 2.3.1.1 et à l'annexe E.

Si le niveau du champ ambiant à des fréquences s'inscrivant dans les gammes de mesures spécifiées, dépasse la/les limite(s), les solutions suivantes peuvent être utilisées:

- a) effectuer les mesures à une distance plus courte et extrapoler les résultats à la distance pour laquelle la limite est spécifiée. La formule d'extrapolation doit être celle recommandée dans la norme de produits ou doit être vérifiée en effectuant pour trois distances au moins;

Where possible, measurement should be made in the far field. The far field region may be defined by the following conditions.

Measurement distance d is selected so that:

- a) $d \geq \lambda/6$. At this distance $E/H = Z_0 = 120 \pi = 377 \Omega$, that is electrical and magnetic field strength components are perpendicular to each other, and the measurement error is in the order of 3 dB if the EUT is regarded as being a tuned dipole antenna; or
- b) $d \geq \lambda$, condition for a plane wave, where the error is in the order of 0,5 dB if the EUT is regarded as a tuned dipole antenna; or
- c) $d \geq 2D^2/\lambda$, where D is the largest dimension of either the EUT or the antenna determining the minimum aperture for the illumination of the EUT, which applies to cases, where $D \gg \lambda$.

2.6.2.4 Antenna height variation

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

2.6.2.5 Product specification details

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

2.6.2.5.1 Test environment

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

The electromagnetic environment needs special consideration to ensure accurate disturbance measurements. The ambient radio noise and signal levels measured at the test site with the EUT de-energized should be at least 6 dB below the limit. It is recognized that this is not always realizable at all frequencies. However, in the event that the measured levels of the ambient plus EUT radio noise emissions are not above the limit, the EUT shall be considered to be in compliance with the limit. For further guidance on ambient levels and resulting measurement error, see 2.3.1.1 and annex E.

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

- a) perform measurements at a closer distance and extrapolate results to the distance at which the limit is specified. The extrapolation formula shall be as recommended by the Product standard or shall be verified by measurements at no less than three different distances;

- b) effectuer les mesures dans les bandes de fréquences critiques pendant les heures où les stations de radiodiffusion n'émettent pas et où les conditions ambiantes dues aux matériels industriels sont plus faibles;
 - c) comparer l'amplitude de la perturbation du matériel en essai à la fréquence étudiée et l'amplitude de la perturbation sur des fréquences adjacentes, à l'intérieur d'une chambre blindée ou d'une chambre anéchoïque blindée. L'amplitude de la perturbation du matériel en essai à la fréquence étudiée peut être estimée en mesurant l'amplitude de la perturbation de fréquence adjacente et en établissant une comparaison;
- NOTE Il convient de ne pas utiliser la chambre blindée ou anéchoïque pour déterminer la conformité aux autres fréquences du matériel en essai, à moins que les données de la chambre anéchoïque ne puissent être corrélées à celles de l'espace libre.
- d) quand on oriente l'axe d'un emplacement d'essai en espace libre, il est souhaitable de considérer les directions des signaux ambiants forts pour que l'orientation de l'antenne de réception sur l'emplacement discrimine ces signaux, dans la mesure du possible;
 - e) pour les perturbations à bande étroite du matériel en essai proches d'un signal RF ambiant, qui sont tous deux situés dans la largeur de bande normalisée, il peut être utile d'utiliser un appareil de mesure avec une bande plus étroite.

2.6.2.5.2 Configuration du matériel en essai

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

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

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

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

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

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

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

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

Le type et la longueur des câbles d'interface doivent être spécifiés par le fabricant du matériel.

- b) perform measurements in critical frequency bands during hours when broadcast stations are off the air and ambients from industrial equipment are lower;
- c) compare the amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation with the amplitude of disturbance on adjacent frequencies in a shielded room or anechoically treated shielded room. The amplitude of the EUT disturbance at the frequency under investigation can be estimated by measuring the amplitude of the adjacent frequency disturbance and making a comparison;

NOTE The shielded or anechoic room should not be used for compliance determination at the other EUT frequencies unless the anechoic room data is correlatable to the open area test site data.

- d) in orienting the axis of an open field area test site, it is desirable to consider the directions of strong ambient signals, so that the orientation of the receiving antenna on the site discriminates against such signals as far as possible;
- e) for narrowband disturbances from the EUT occurring near an RF ambient, when both are within the standard bandwidth, a narrower instrument bandwidth may be useful.

2.6.2.5.2 Configuration of equipment under test

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

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

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

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

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

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

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

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

Interface cables shall be of the type and length specified by the equipment manufacturer.

Toute longueur de câble supplémentaire doit être groupée séparément en forme de serpentín au centre approximatif du câble, le faisceau ayant une longueur de 30 à 40 cm. Si cela n'est pas réalisable à cause de l'encombrement ou de la rigidité du câble ou parce que les essais sont effectués sur les installations de l'utilisateur, la disposition de la longueur de câble supplémentaire est alors laissée à la discrétion de l'opérateur chargé des essais et il convient qu'elle soit notifiée dans le rapport d'essai. Il est possible que des exigences différentes, relatives au câblage supplémentaire, soient spécifiées dans la norme de produits.

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

Pour un matériel en essai en fonctionnement normal, posé sur une table, il convient d'effectuer les essais d'émission rayonnée sur une table non conductrice, de dimension convenable. Il convient de placer la table sur une plate-forme tournante télécommandée construite avec des matériaux non conducteurs. Il convient que le haut de la plate-forme tournante soit normalement placé à moins de 0,50 m au-dessus du plan de masse; la hauteur de la table et de la plate-forme réunies ne doit pas dépasser 0,80 m au-dessus du plan de masse. Si la plate-forme tournante est à la même hauteur que le plan de masse, sa surface doit être composée de matériaux conducteurs et la hauteur de 0,80 m mesurée à partir du haut de la plate-forme tournante. Un matériel en essai placé normalement au sol est mesuré au sol. Une plate-forme tournante encastrée est utile dans cette situation.

Le matériel en essai doit être mis à la terre conformément aux exigences du fabricant et aux conditions d'utilisation prévue. S'il fonctionne sans connexion à la terre, il doit être soumis à des essais sans liaison à la terre. Quand le matériel en essai est fourni avec une borne de terre ou un fil de terre connecté dans des conditions réelles d'installation, le fil de terre ou la connexion doit être connecté au plan de masse (ou au dispositif de mise à la terre) simulant des conditions réelles d'installation. Tout fil de terre inclus dans la fiche du cordon d'alimentation du matériel en essai doit être connecté au sol par le réseau d'alimentation.

2.6.2.6 Instrumentation de mesure

L'instrumentation de mesure, antennes comprises, doit être conforme aux exigences applicables de la CISPR 16-1.

2.6.2.7 Mesure du champ électromagnétique sur d'autres emplacements en extérieur

Les emplacements d'essai extérieur similaires aux emplacements d'essai en espace libre mais sans plan de masse en métal peuvent devoir être prescrits pour certains produits, par exemple les appareils ISM et les véhicules à moteur, pour des raisons d'ordre pratique. Les dispositions de 2.6.2.3 à 2.6.2.6 sont valables. De même, il est fait référence aux dispositions générales de l'article 16 de la CISPR 16-1, mais pas aux exigences de validation.

2.6.2.8 Mesure en chambre réverbérante

(A l'étude)

2.6.2.9 Mesure en cage de Faraday munie d'absorbant

(A l'étude)

2.6.2.10 Mesure en cellule TEM

(A l'étude)

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

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

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

The EUT shall be grounded in accordance with the manufacturer's requirements and conditions of intended use. If the EUT is operated without a ground connection, it shall be tested ungrounded. When the EUT is furnished with a grounding terminal or internally grounded lead which is to be connected in actual installation conditions, the ground lead or connection shall be connected to a ground plane (or facility for earth ground), simulating actual installation conditions. Any internally grounded lead included in the plug end of the a.c. mains cord of the EUT shall be connected to ground through the mains power service.

2.6.2.6 Measurement instrumentation

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

2.6.2.7 Field strength measurements on other out-door sites

Out-door test sites similar to an open area test site but without any metal ground plane may have to be prescribed for practical reasons for some products, e.g. ISM equipment and motor vehicles. The provisions given in 2.6.2.3 to 2.6.2.6 are valid. Equally, the general provisions given in clause 16 of CISPR 16-1 are referred to but not the requirements on validation.

2.6.2.8 Measurements in reverberating chambers

(Under consideration)

2.6.2.9 Measurements in absorber-lined shielded enclosures

(Under consideration)

2.6.2.10 Measurements in TEM cells

(Under consideration)

2.6.3 Mesure du champ électromagnétique dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

2.6.3.1 Quantité à mesurer

Le champ électrique émis par l'appareil en essai à la distance de mesure est la quantité à mesurer. Le résultat doit être exprimé en termes de valeurs de champ.

NOTE Dans certaines normes, les limites d'émission pour les appareils sont souvent exprimées en termes de PAR (puissance apparente rayonnée) en dB(pW) au-dessus de 1 GHz. Dans les conditions de champ lointain en espace libre, la formule pour convertir la PAR en champ à 3 m est:

$$E_{(3m)}/\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) = \text{PAR}/\text{dB}(\text{pW}) + 7,4$$

Pour des distances d autres que 3 m:

$$E_d/\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) = \text{PAR}/\text{dB}(\text{pW}) + 7,4 + 20 \log [3/(d/\text{m})]$$

2.6.3.2 Distance de mesure

Le champ émis par l'appareil en essai est mesuré à une distance préférentielle de 3 m.

Des distances différentes peuvent être utilisées en pratique:

- des distances inférieures dans le cas de bruit ambiant élevé, ou pour réduire l'effet de réflexions non désirées, mais il convient de s'assurer que la distance de mesure est supérieure ou égale à $D^2/2 \lambda$ (voir 15.6 de la CISPR 16-1);
- des distances supérieures pour des appareils en essai de grande dimension de façon à permettre au faisceau de l'antenne d'englober l'appareil en essai.

En cas de litige, les mesures effectuées à 3 m constituent la référence.

NOTE Compte tenu que les perturbations dominantes de l'appareil en essai peuvent être considérées comme incohérentes et rayonnées à partir d'une source ponctuelle, la distance minimale mentionnée ci-dessus ($D^2/2 \lambda$) doit être appliquée à l'antenne de mesure mais pas à l'appareil en essai.

2.6.3.3 Configuration de l'appareil en essai

De manière générale, il est recommandé que les configurations d'appareils en essai utilisées pour les mesures effectuées au-dessous de 1 GHz soient également utilisées autant que possible pour les mesures effectuées au-dessus de 1 GHz.

2.6.3.4 Procédure de mesure

2.6.3.4.1 Couverture de l'appareil en essai par l'antenne de mesure

La mesure des émissions rayonnées au-dessus de 1 GHz s'effectue à l'aide d'antennes étalonnées polarisées linéairement, qui peuvent avoir une largeur de faisceau (lobe principal) plus faible que celle des antennes utilisées aux fréquences inférieures à 1 GHz. La largeur du lobe principal de l'antenne, qui est défini comme la largeur de faisceau à 3 dB de l'antenne (voir 15.6 de la CISPR 16-1), doit être connue pour toute antenne utilisée, de façon que, lorsque des appareils de grande dimension sont essayés, la surface de couverture de l'appareil en essai puisse être déterminée. Le déplacement de l'antenne de mesure sur les surfaces des côtés de l'appareil en essai, ou toute autre méthode de balayage de l'appareil en essai, est requis lorsque l'appareil en essai est plus grand que la largeur de faisceau de l'antenne de mesure. Lorsque des mesures en rayonnement sont effectuées à la distance correspondant à la limite et que l'antenne de mesure n'englobe pas complètement un appareil en essai de grande dimension à cette distance, des mesures supplémentaires à une distance supérieure peuvent être nécessaires pour démontrer que l'émission était bien maximale à la distance correspondant à la limite.

NOTE Lorsque l'on détermine si la largeur de faisceau de l'antenne englobe l'appareil en essai, la surface de l'appareil en essai considéré doit comprendre une dimension d'une longueur d'onde (à la plus basse fréquence, c'est-à-dire 1 GHz) des câbles qui sortent de l'appareil en essai.

2.6.3 Field-strength measurements in the frequency range 1 GHz to 18 GHz

2.6.3.1 Quantity to measure

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

NOTE In some standards, emission limits for equipment are expressed in terms of ERP (effective radiated power) in dB(pW) above 1 GHz. Under free space far field conditions, the formula to convert ERP into field strength at a 3 m distance is:

$$E_{(3m)}/\text{dB}(\mu\text{V/m}) = \text{ERP}/\text{dB}(\text{pW}) + 7,4$$

For distances d other than 3 m:

$$E_d/\text{dB}(\mu\text{V/m}) = \text{ERP}/\text{dB}(\text{pW}) + 7,4 + 20 \log [3/(d/m)]$$

2.6.3.2 Measurement distance

The field strength emitted by the EUT is measured at a preferred distance of 3 m.

Other distances may be used in practical situations:

- shorter distances in the case of high ambient noise, or to reduce the effect of unwanted reflections, but care should be taken to ensure the measurement distance is greater than or equal to $D^2/2 \lambda$ (see 15.6 of CISPR 16-1);
- greater distances for large EUTs to allow the antenna beam to encompass the EUT.

In case of dispute, measurements performed at 3 m shall take precedence.

NOTE Since dominant disturbances of the EUT may be assumed to be incoherent and radiated from a point source, the minimum distance mentioned above ($D^2/2 \lambda$) is to be applied to the measuring antenna and not to the EUT.

2.6.3.3 Set-up of the equipment under test (EUT)

As a general guideline, the EUT set-ups used for measurements below 1 GHz should as much as possible also be used above 1 GHz.

2.6.3.4 Measurement procedure

2.6.3.4.1 Encompassing of the EUT by the measuring antenna

Radiated emissions measurements above 1 GHz are made using calibrated linearly polarized antennas, which may have a smaller beam width (major pattern lobe) than the antennas used for frequencies below 1 GHz. The width of the main lobe of the antenna, that is defined as the 3 dB beam width of the antenna (see 15.6 of CISPR 16-1), shall be known for every antenna used so that, when large EUTs are tested, the area of coverage of the EUT can be determined. Moving the measurement antenna over the surfaces of the sides of the EUT or another method of scanning of the EUT is required when the EUT is larger than the beam width of the measuring antenna. When radiated measurements are made at the limit distance and the measurement antenna does not completely encompass a large EUT at that distance, additional measurements at a greater distance may be necessary to demonstrate that emissions were maximum at the limit distance.

NOTE When determining the encompassing of the EUT by the antenna beam width, the surface of the EUT being considered shall include one wavelength (at the lowest frequency, i.e. 1 GHz) of the cables coming out of the EUT.

2.6.3.4.2 Procédure générale de mesure

Pour tout appareil en essai, il convient premièrement de détecter les fréquences d'émission par une maximisation préliminaire des émissions (voir 2.6.3.4.3). Ensuite, l'essai final d'émission est effectué (voir 2.6.3.4.4). Ces deux mesures doivent être effectuées de préférence à la distance correspondant à la limite. Si, pour une raison justifiée, la mesure finale est effectuée à une autre distance que celle correspondant à la limite, il convient d'abord d'effectuer une mesure à la distance correspondant à la limite, afin d'aider à interpréter les données résultantes en cas de litige.

Lors de la réalisation des mesures, la sensibilité de l'appareil de mesure par rapport à la limite doit être déterminée avant l'essai. Si la sensibilité globale de la mesure est inadéquate, des amplificateurs à faible bruit, des distances de mesure plus faibles ou des antennes à gain plus élevé peuvent être utilisées. Si des distances de mesure plus faibles ou des antennes à gain plus élevé sont utilisées, la relation entre la largeur de faisceau de l'antenne et la taille de l'appareil en essai doit être prise en compte. En outre, lorsque des préamplificateurs sont utilisés, les niveaux de saturation du système de mesure doivent être déterminés comme satisfaisants.

La protection contre la saturation et la destruction de l'appareil de mesure est nécessaire lorsque des émissions à faible niveau doivent être mesurées en présence d'un signal d'un fort niveau. Une combinaison de filtres passe-bande, coupe-bande, passe-bas et passe-haut peut être utilisée. Cependant, la perte d'insertion de ceux-ci ou de tout autre composant, aux fréquences de mesure, doit être connue et comprise dans les calculs dans le rapport de mesure.

NOTE Une méthode simple pour déterminer si des effets non linéaires (surcharge, saturation, etc.) se produisent, consiste à insérer un atténuateur de 10 dB à l'entrée de l'appareil de mesure (avant tout préamplificateur si l'on en utilise un) et à vérifier que l'amplitude de toutes les harmoniques du signal de forte amplitude (qui peuvent produire des effets non linéaires) soit bien réduite de 10 dB.

2.6.3.4.3 Maximisation préliminaire des émissions

L'émission rayonnée maximale pour un mode de fonctionnement donné peut être déterminée lors d'un essai préliminaire, à l'aide de la procédure pas à pas suivante:

- Balayer la gamme de fréquences étudiée à une hauteur d'antenne et pour une polarisation (horizontale ou verticale) déterminées, ainsi que pour une orientation de l'appareil en essai.
- Noter l'amplitude et la fréquence du signal maximal rencontré.
- Faire tourner l'appareil en essai sur 360° afin de maximiser le signal de plus forte amplitude supposée. Si le signal ou un autre à une fréquence différente dépasse de 2 dB ou plus le signal de plus forte amplitude précédemment relevé, se placer à nouveau dans l'orientation concernée et reprendre l'étape b). Sinon, orienter l'appareil en essai de façon à retrouver le plus fort niveau observé et continuer.

NOTE 1 A la place de la rotation de la table tournante où est placé l'appareil en essai, on peut également faire tourner l'antenne de réception autour de l'appareil en essai.

- Déplacer l'antenne selon des variations données (balayage en hauteur à définir pour chaque produit ou famille de produits; dans tous les cas il convient que la plage maximale de balayage en hauteur soit de 1 m à 4 m) afin de maximiser le signal de plus forte amplitude supposée. Si le signal ou un autre à une fréquence différente dépasse de 2 dB ou plus le signal de plus forte amplitude précédemment relevé, reprendre l'étape b) avec l'antenne placée à cette hauteur. Sinon, placer l'antenne de façon à retrouver le plus fort niveau observé et continuer.
- Placer l'antenne dans l'autre polarisation et répéter les étapes b) à d). Comparer le signal de plus forte amplitude supposée avec celui obtenu dans l'autre polarisation. Déterminer et relever le plus élevé des deux signaux. Ce signal est appelé le signal le plus élevé observé par rapport à la limite pour ce mode de fonctionnement de l'appareil en essai.
- Les effets des différents modes de fonctionnement de l'appareil en essai doivent être étudiés. Un des moyens pour réaliser ceci est de faire varier le mode de fonctionnement de l'appareil au cours des étapes b) à e).

2.6.3.4.2 General measurement procedure

For any EUT, the frequencies of emission should first be detected by a preliminary emission maximization (see 2.6.3.4.3). Then the final emission test takes place (see 2.6.3.4.4). Both of these measurements are to be made preferably at the limit distance. If, for any justified reason, the final measurement is performed at a different distance than the limit distance, a measurement at the limit distance should be made first, to help in interpreting the resulting data in case of dispute.

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

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

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

2.6.3.4.3 Preliminary emission maximization

The maximum radiated emission for a given mode of operation may be found during a preliminary test, using the following step by step procedure:

- a) Monitor the frequency range of interest at a fixed antenna height and polarization (horizontal or vertical), and EUT azimuth.
- b) Note the amplitude and frequency of the maximum signal met.
- c) Rotate the EUT 360° to maximize the suspected highest amplitude signal. If the signal or another at a different frequency is observed to exceed the previously noted highest amplitude signal by 2 dB or more, go back to the azimuth and repeat step b). Otherwise, orient the EUT azimuth to repeat the highest amplitude observation and proceed.

NOTE 1 Alternatively, instead of rotating the turn-table where the EUT stands, it is also possible to rotate the receiving antenna around the EUT.

- d) Move the antenna over a given range of travel (height search to be defined for each product or product family; in any case, 1 m to 4 m should be the maximum range for this height search) to maximize the suspected highest amplitude signal. If the signal or another at a different frequency is observed to exceed the previously noted highest amplitude signal by 2 dB or more, return to step b) with the antenna fixed at this height. Otherwise, move the antenna to the height that repeats the highest amplitude observation and proceed.
- e) Change the antenna to the other polarization and repeat steps b) through d). Compare the resulting suspected highest amplitude signal with that found for the other polarization. Select and note the higher of the two signals. This signal is termed the highest observed signal with respect to the limit for this EUT operational mode.
- f) The effects of the various operational modes of the EUT shall be examined. One way to do this is to vary the operating mode of the equipment as steps b) through e) are being performed.

- g) Une fois que les étapes a) à f) ont été effectuées, enregistrer la configuration finale de l'appareil en essai et le mode de fonctionnement (correspondant à l'émission rayonnée maximale) à utiliser pour l'essai final d'émission rayonnée.

NOTE 2 La procédure décrite dans ce paragraphe est proposée dans le cas général. Cependant, considérant qu'elle puisse être extrêmement longue à mettre en œuvre, il est demandé aux comités de produit de la vérifier et de l'adapter à leur cas spécifique. Les deux éléments suivants peuvent servir de base pour simplifier la méthode:

- on doit faire pivoter horizontalement l'appareil en essai à moins qu'il n'ait été déterminé que, pour le produit ou la famille de produits concernés, l'émission provient principalement d'une direction, ou est omnidirectionnelle;
- le balayage en hauteur de l'antenne peut être limité à un certain angle ou une distance au-dessus et en dessous de l'appareil en essai, ou même supprimée (mesure dans un plan horizontal uniquement), s'il peut être déterminé que pour le produit ou la famille de produits concernés, l'émission est maximale dans le plan horizontal ou dans son voisinage.

2.6.3.4.4 Essai final d'émission

Le champ émis par l'appareil en essai à la distance de mesure spécifiée est mesuré dans la configuration (hauteur d'antenne, orientation de l'appareil en essai, etc.) qui produit l'émission maximale, telle que déterminée lors de la maximisation préliminaire de l'émission (l'antenne de réception étant alignée avec cette émission maximale).

Cette mesure finale doit être le résultat d'un maintien du maximum sur l'analyseur de spectre pendant une durée donnée proportionnelle à la plage de fréquences balayée. Il convient de définir cette durée pour chaque produit ou famille de produits, en prenant en compte la durée des modes de fonctionnement et les constantes de temps associées à chaque produit particulier à essayer.

2.6.4 Méthode de mesure de substitution dans la gamme de fréquences comprise entre 30 MHz et 18 GHz

Cette méthode a pour objet de mesurer les perturbations radioélectriques rayonnées par l'enveloppe, ainsi que le câblage et les circuits à l'intérieur de l'enveloppe, d'un matériel soumis à des essais. Le matériel en essai peut être soit une unité autonome sans aucun accès de connexion, soit muni d'un ou plusieurs accès pour l'alimentation et d'autres connexions externes.

La méthode de substitution est actuellement utilisée pour mesurer les émissions provenant de fours à micro-ondes, dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz.

Pour les futures normes de produits, les comités de produits sont invités à utiliser les méthodes de mesure de champ décrites en 2.6.3.

2.6.4.1 Emplacement d'essai

L'emplacement d'essai doit être une surface plane. Les emplacements en salle peuvent être utilisés, avec parfois des aménagements particuliers, notamment dans la partie supérieure de la gamme de fréquences, afin de répondre aux exigences de réflexions stables et non critiques de l'environnement – par exemple un réflecteur dièdre ajouté à l'antenne de mesure et un mur absorbant derrière le matériel en essai. L'aptitude de l'emplacement doit être déterminée comme suit (voir figure 15).

Deux doublets demi-onde horizontaux (voir aussi 2.6.4.2) doivent être placés en parallèle, à la même hauteur h , à au moins 1 m du sol et espacés de la distance de mesure d . Le doublet B doit être connecté à un générateur de signal et le doublet A à l'entrée du récepteur de mesure. Le générateur de signal doit être réglé en fréquence afin de donner une indication maximale sur le récepteur de mesure, et sa sortie réglée à un niveau convenable. L'emplacement doit être considéré comme apte aux objectifs de mesure à la fréquence d'essai si l'indication sur le récepteur de mesure ne varie pas de plus de $\pm 1,5$ dB quand on déplace le doublet B de 100 mm dans n'importe quelle direction. L'essai doit être répété dans toute la gamme de fréquences, à des intervalles de fréquences suffisamment petits pour s'assurer que l'emplacement satisfait à toutes les mesures prévues.

- g) After completing steps a) through f), record the final EUT configuration and mode of operation (corresponding to the maximum radiated emission) to use for the final radiated emissions test.

NOTE 2 The procedure described in this subclause is proposed in the general case. However, noting that it may be extremely time-consuming to perform, product committees are requested to check and adapt it to their specific case. The following two elements can serve as a basis for simplifying the method:

- the EUT shall be rotated horizontally unless it has been determined that for the particular product or product family the emission comes predominantly from one direction or is omni-directional;
- the height search of the antenna may be limited to a certain angle or distance above and below the EUT, or even be suppressed (horizontal measurements only) if it can be determined that for the particular product or product family the emission is maximum in or close to the horizontal plane.

2.6.3.4.4 Final emission test

The field strength emitted by the EUT at the given measurement distance is measured using the configuration (antenna height, EUT azimuth, etc.) producing the maximum emission, as identified during the preliminary emission maximization (the receiving antenna being aligned with this maximum emission).

This final measurement shall be the result of a maximum hold on the spectrum analyzer during a given time proportional to the frequency span used. This given time should be defined for each product or product family, taking into account the duration of the operating modes and the time constants associated with each specific product to be tested.

2.6.4 Substitution method of measurement in the frequency range of 30 MHz to 18 GHz

The method is intended for measuring radio disturbance radiated from the cabinet, including wiring and circuitry inside the cabinet, of an equipment under test. The EUT may be either a self-contained unit with no port for any connection or have one or several ports for power and other external connections.

The substitution method is currently being used to measure emissions from microwave ovens in the frequency range 1 GHz – 18 GHz.

For future product standards, product committees are invited to use the field-strength measurement method described in 2.6.3.

2.6.4.1 Test site

The test site shall be a level area. Indoor sites may be used, but may need special arrangements, especially in the upper part of the frequency range, in order to meet the requirements of stable and non-critical reflections from the surroundings – for example, a corner reflector added to the measuring antenna and an absorbing wall behind the EUT. The suitability of the site shall be determined as follows (see figure 15).

Two horizontal half-wavelength dipoles (see also 2.6.4.2) shall be placed parallel to each other, at the same height h , being not less than 1 m above the floor and spaced at the measurement distance d . Dipole B shall be connected to a signal generator and dipole A to the input of the measuring receiver. The signal generator shall be tuned to give maximum indication on the measuring receiver and its output adjusted to a convenient level. The site shall be considered suitable for the purpose of measurement at the test frequency if the indication on the measuring receiver does not vary more than $\pm 1,5$ dB when dipole B is moved 100 mm in any direction. The test shall be repeated throughout the frequency range at frequency intervals small enough to ensure that the site is satisfactory for all measurements intended.

Si un matériel en essai nécessite également d'être mesuré avec une polarisation verticale (voir 2.6.4.3), l'essai d'aptitude de l'emplacement doit être répété avec les deux doublets placés en polarisation verticale.

2.6.4.2 Antennes d'essai

Les antennes d'essai A et B sont décrites ci-dessus comme des doublets demi-onde. Pour la gamme de fréquences inférieure à 1 GHz, cette exigence s'applique tout d'abord à l'antenne d'émission B pour laquelle il faut que la puissance rayonnée, dans la direction de rayonnement maximal, puisse être reliée à la puissance aux bornes de l'antenne B. Il convient que l'antenne de mesure A soit aussi un doublet demi-onde. Sa sensibilité réelle est prise en compte dans l'étalonnage de substitution de la configuration d'essai.

Dans la gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz, des antennes cornet à polarisation linéaire sont recommandées.

2.6.4.3 Configuration du matériel en essai

Le matériel en essai doit être placé sur une table non conductrice permettant de le faire tourner sur un plan horizontal. Le matériel en essai doit être disposé de façon que son centre géométrique coïncide avec le point central utilisé précédemment pour le doublet B (figure 15). Si le matériel en essai comporte plus d'une unité, chacune d'elles doit être mesurée séparément. Il convient d'enlever les câbles détachables du matériel en essai si cela n'affecte pas son fonctionnement. Les câbles nécessaires doivent être équipés d'anneaux de ferrite absorbants et placés de façon à ne pas influencer les mesures. Pour les matériels blindés, tous les connecteurs non utilisés doivent être raccordés à des terminaisons blindées.

2.6.4.4 Procédure d'essai

Le matériel en essai étant installé comme décrit en 2.6.4.3, le doublet A de mesure à polarisation horizontale doit être placé dans la même position que lors des vérifications de l'emplacement d'essai. Le doublet doit être normal à un plan vertical passant par son centre et celui du matériel en essai. Le matériel en essai est d'abord mesuré en position normale sur une table, puis incliné à 90 degrés sur un côté normalement vertical. Dans chaque position, il doit tourner à 360 degrés dans un plan horizontal. La lecture Y la plus élevée doit être la valeur caractéristique du matériel en essai.

Le système de mesure est étalonné en remplaçant le matériel en essai par un doublet B demi-onde. Le centre de ce doublet B d'étalonnage doit être placé au même endroit que le centre géométrique du matériel en essai mesuré précédemment, parallèlement à l'antenne A de mesure et connecté à un générateur de signal. La puissance rayonnée de l'enveloppe du matériel en essai est définie comme étant la puissance aux bornes du doublet B demi-onde quand le générateur de signal est réglé pour donner la même lecture sur le récepteur de mesure que la lecture maximale enregistrée précédemment (Y), à chaque fréquence de mesure.

Quand les mesures sont effectuées avec des doublets de mesure à polarisations verticale et horizontale, il faut procéder à un étalonnage séparé des deux modes.

If an EUT requires that measurements be made also with vertical polarization (see 2.6.4.3), the suitability test of the site shall be repeated with the two dipoles positioned for vertical polarization.

2.6.4.2 Test antennas

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

In the frequency range of 1 GHz to 18 GHz linearly polarized horn antennas are recommended.

2.6.4.3 EUT configuration

The EUT shall be placed on a non-conducting table with provision to rotate in the horizontal plane. The EUT shall be set up so that the geometric centre of the EUT coincides with the point earlier used as centre point for dipole B (figure 15). If the EUT is comprised of more than one unit, each unit shall be measured separately. Detachable leads to the EUT should be removed if operation is not affected adversely. Required leads shall be provided with absorbing ferrite rings and be so positioned that they will not influence the measurements. For shielded EUTs, all connectors not used shall be terminated by shielded terminations.

2.6.4.4 Test procedure

With the EUT arranged as described in 2.6.4.3, the horizontally polarized measuring dipole A shall be placed in the same position as when checking the test site. The dipole shall be normal to a vertical plane through its centre and that of the EUT. The EUT is first measured in its normal table-standing position and secondly when tilted 90° to stand on a normally vertical side. In each position it shall be rotated 360° in the horizontal plane. The highest reading Y shall be the characteristic value for the EUT.

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

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

2.6.5 Mesure des matériels *in situ*

2.6.5.1 Application et préparation à des mesures *in situ*

Des mesures *in situ* peuvent être nécessaires pour l'investigation d'un problème de perturbation en un lieu particulier, par exemple lorsque l'on soupçonne un matériel électrique de provoquer des brouillages de la réception radio dans le voisinage.

Si la norme de produit applicable le permet, des mesures *in situ* peuvent être effectuées pour l'évaluation de la conformité, dans les cas où les essais d'émission ne peuvent être effectués, pour des raisons techniques, sur des emplacements d'essais normalisés. Les motifs techniques conduisant à des mesures *in situ* sont les dimensions et/ou le poids excessifs du matériel en essai ou encore les coûts trop élevés des connexions du matériel en essai à son infrastructure sur un emplacement normalisé. Les résultats de mesure *in situ* d'un matériel en essai donné varieront d'un site à l'autre et dévieront de ceux d'un emplacement normalisé et ne pourront, en conséquence, être utilisés pour des essais de type.

NOTE 1 En général toutefois, les imperfections telles que le couplage réciproque entre les structures conductrices présentes dans l'environnement *in situ* qui peuvent aussi être plus ou moins aggravées par les champs électromagnétiques ambiants, ou entre les antennes de mesure et équipements en essai, font que les mesures *in situ* ne peuvent cependant pas remplacer complètement les mesures sur un emplacement d'essai approprié (emplacement d'essai en espace libre ou emplacements d'essai équivalents tels que chambre (semi-)anéchoïque) comme décrit dans la CISPR 16-1.

Le matériel en essai comporte habituellement un ou plusieurs éléments et/ou systèmes, ou est un constituant d'une installation ou est relié à une installation.

Le périmètre reliant les parties extérieures du matériel en essai est la référence choisie habituellement pour définir la distance de mesure. Dans certaines normes de produits les murs extérieurs ou les limites du parc d'activités ou de la zone industrielle sont pris comme points de référence.

Des mesures préliminaires doivent être effectuées pour identifier la fréquence et l'amplitude du champ d'une perturbation parmi les signaux ambiants en prenant en compte les sources potentielles de perturbations (par exemple, oscillateurs) d'un matériel en essai. Pour ces mesures il est recommandé d'utiliser, au lieu d'un récepteur, un analyseur de spectre, qui permet d'analyser un spectre plus large. Pour identifier la fréquence et l'amplitude des signaux perturbateurs, on recommande l'emploi d'une sonde de courant sur câbles connectés ou d'une sonde de champ proche ou d'antennes de mesure placées plus près du matériel en essai.

Des mesures doivent également être effectuées à des fréquences choisies pour déterminer si possible les modes de fonctionnement pour lesquels le matériel en essai produit les champs perturbateurs les plus élevés. Les mesures suivantes doivent être effectuées avec le matériel en essai fonctionnant dans ces modes.

NOTE 2 Lorsque le matériel en essai est une partie d'un ensemble et que son fonctionnement ne peut être indépendant du fonctionnement des autres parties, il peut s'avérer impossible de choisir les conditions produisant les perturbations les plus élevées. Pour certains matériels, ces conditions peuvent dépendre du temps, particulièrement s'il y a des fonctionnements cycliques. Dans ce cas, il convient de choisir la période d'observation s'approchant le plus des conditions de production des perturbations les plus élevées.

Les mesures doivent être effectuées autour du matériel en essai à une distance approximativement identique pour chaque fréquence choisie afin de donner la direction du champ perturbateur le plus élevé. Il convient que le matériel en essai soit essayé au moins dans trois directions différentes. Les mesures finales de l'amplitude du champ de perturbations, à chaque fréquence, doivent être effectuées dans les directions du champ perturbateur le plus élevé (qui peut varier d'une fréquence à l'autre) en tenant compte des conditions locales.

L'amplitude la plus élevée du champ perturbateur doit être mesurée avec une antenne en polarisation verticale et en polarisation horizontale.

Si le rapport entre l'amplitude mesurée du champ perturbateur à celle de toute émission ambiante est inférieur à 6 dB, les méthodes de mesures décrites en annexe E peuvent être utilisées.

2.6.5 Measurements of *in situ* equipment

2.6.5.1 Applicability of and preparation for *in situ* measurements

In situ measurements may be necessary for the investigation of an interference problem at a particular location, i.e. where electrical equipment is suspected of causing interference to radio reception in its vicinity.

Where allowed by the relevant product standard, *in situ* measurements may be made for the evaluation of compliance, if it is not possible for technical reasons to make radiated emission measurements on a standard test site. Technical reasons for *in situ* measurements are excessive size and/or weight of the EUT or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. *In situ* measurement results of an EUT type will normally deviate from site to site or from results obtained on a standard test site and can therefore not be used for type testing.

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

The EUT usually consists of one or more devices and/or systems, is part of an installation, or is interconnected with an installation.

A perimeter connecting the outer parts of the EUT is usually taken as the reference point to determine the measurement distance. In some product standards, the exterior walls or boundaries of business parks or industrial areas are taken as the reference points.

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

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

NOTE 2 Where the EUT is a piece of equipment, the operating mode of which cannot be switched independently of the operation of other equipment, the selection of conditions producing the highest disturbances may be impossible. For some of them, these conditions may be dependent on time, particularly if they are on cyclic operation. In such cases, the period of observation should be chosen to approach the conditions of highest disturbance production.

Measurements shall be made around the EUT at approximately the same measurement distance on each of the selected frequencies to determine the direction of the highest disturbance field strength. The EUT should be tested in at least three different directions. The final disturbance field-strength measurements on each frequency shall be made in the directions of the highest disturbance field strengths (which may vary from frequency to frequency) taking into account the local conditions.

The highest disturbance field strengths shall be measured with the antenna in vertical and horizontal polarization.

If the ratio of the measured disturbance field strength to any ambient emission is lower than 6 dB, the measurement methods described in Annex E can be used.

2.6.5.2 Mesures des amplitudes de champ dans la bande des fréquences de 9 kHz à 30 MHz

2.6.5.2.1 Méthode de mesure

L'amplitude du champ magnétique perturbateur doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal avec le matériel en essai fonctionnant dans le mode créant le champ perturbateur le plus élevé.

L'amplitude du champ perturbateur polarisé horizontalement doit être mesurée à la distance normalisée d_{limit} en utilisant une antenne boucle comme décrit en 5.5.2.1 de la CISPR 16-1, à une hauteur de 1 m (entre le sol et la partie inférieure de l'antenne). L'amplitude maximale du champ perturbateur doit être déterminée par rotation de l'antenne.

NOTE Pour la mesure de l'amplitude maximale du champ perturbateur de lignes disposées dans n'importe quelle direction, il convient d'orienter l'antenne selon trois axes orthogonaux et l'amplitude du champ est calculée par

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

Dans les cas où des limites sont données pour le champ E équivalent alors que ce sont les composantes du champ magnétique qui sont mesurées, le champ H peut être converti en champ électrique correspondant en utilisant l'impédance de l'espace libre soit 377 Ω et en multipliant la valeur lue pour le champ H par 377. Dans ce cas, le champ H est donné par:

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

Cette valeur du champ H peut être utilisée directement dans les cas où les limites sont directement données pour l'amplitude du champ magnétique.

Si l'antenne ne peut pas être déplacée selon trois axes orthogonaux, elle peut être tournée manuellement vers la direction donnant l'amplitude du champ perturbateur maximale.

2.6.5.2.2 Distances de mesure autres que la distance normalisée

S'il n'est pas possible de maintenir la distance normalisée d_{limit} comme spécifié dans la norme de produit ou la norme générique, il convient d'effectuer les mesures à des distances inférieures ou supérieures à la distance normalisée dans la direction du rayonnement maximal.

Au moins trois mesures doivent être effectuées à des distances différentes, supérieures ou inférieures à la distance normalisée s'il n'est pas possible d'utiliser cette dernière.

Les résultats (en décibels) des mesures doivent être reportés sur un graphique comme une fonction de la distance de mesure, selon une échelle logarithmique. Une ligne doit relier les résultats obtenus. Cette ligne représente la décroissance de l'amplitude du champ et peut servir à déterminer l'amplitude du champ perturbateur à des distances autres que la distance de mesure, par exemple à la distance normalisée.

2.6.5.3 Mesures d'amplitude du champ aux fréquences supérieures à 30 MHz

2.6.5.3.1 Méthode de mesure

L'amplitude du champ perturbateur doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal à la distance normalisée avec le matériel en essai fonctionnant dans le mode produisant le champ perturbateur le plus élevé. Les amplitudes maximales, en polarisation verticale et en polarisation horizontale, du champ perturbateur, doivent être mesurées à l'aide d'antennes à large bande ayant, si possible, une hauteur variant entre 1 m et 4 m. La valeur retenue doit être la valeur maximale.

Il est recommandé d'utiliser des antennes biconiques pour les mesures effectuées dans la gamme de fréquence jusqu'à 200 MHz et des antennes log-périodiques pour les mesures dans la gamme de fréquence au-dessus de 200 MHz. La distance entre l'antenne de mesure et tout obstacle métallique voisin (y compris les câbles) doit être supérieure à 2 m.

2.6.5.2 Field-strength measurements in the frequency range 9 kHz to 30 MHz

2.6.5.2.1 Measurement method

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

The horizontally polarized disturbance field strength shall be measured at the standard measurement distance d_{limit} using a loop antenna as described in 5.5.2.1 of CISPR 16-1 at a height of 1 m (between the ground and lowest part of the antenna). The maximum disturbance field strength shall be determined by rotating the antenna.

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

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

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

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

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

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

2.6.5.2.2 Measurement distances other than the standard distance

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

At least three measurements at different measuring distances less or greater than the standard measuring distance shall be used if it is not possible to use the standard distance.

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

2.6.5.3 Field-strength measurements in the frequency range above 30 MHz

2.6.5.3.1 Measurement method

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

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

2.6.5.3.2 Distances de mesure autres que la distance normalisée

La distance de mesure normalisée d_{std} est spécifiée dans la norme de produit ou générique. En cas d'impossibilité de respecter la distance normalisée, la mesure de l'amplitude du champ perturbateur doit être effectuée à des distances différentes comme il est décrit en 2.6.5.2.2. Un balayage en hauteur de l'antenne doit être effectué pour chaque mesure. L'amplitude du champ perturbateur à la distance normalisée d_{std} doit être déterminée conformément à 2.6.5.2.2 par report sur un graphique donnant l'amplitude du champ mesuré en fonction de la distance de mesure, en échelle logarithmique.

S'il n'est pas possible de mesurer à différentes distances et que la distance de mesure se réfère au mur extérieur du bâtiment ou à la limite de propriété, les résultats des mesures doivent être ramenés à la distance normalisée selon l'équation (1).

$$E_{std} = E_{mea} + n \times 20 \times \log \frac{d_{mea}}{d_{std}} \quad (1)$$

où

E_{std} est l'amplitude du champ à la distance normalisée, en dB(μV/m), pour comparaison à la limite d'émission;

E_{mea} est l'amplitude du champ à la distance de mesure, en dB(μV/m);

d_{mea} est la distance de mesure, en mètres;

d_{std} est la distance normalisée, en mètres.

n dépend de la distance d_{mea} comme suit:

si $30 \text{ m} \leq d_{mea}$ $n = 1$;

si $10 \text{ m} < d_{mea} < 30 \text{ m}$ $n = 0,8$;

si $3 \text{ m} < d_{mea} < 10 \text{ m}$ $n = 0,6$.

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

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

S'il n'est pas possible d'effectuer des mesures à différentes distances et que l'équation (1) n'est pas utilisée parce que la distance de mesure ne se réfère pas au mur extérieur du bâtiment ou à la limite de propriété, il convient que l'amplitude du champ soit déterminée par la mesure de la puissance perturbatrice rayonnée (voir 2.6.5.4).

2.6.5.4 Mesure *in situ* de la puissance perturbatrice efficace rayonnée avec la méthode de substitution

2.6.5.4.1 Conditions générales de mesure

La méthode de substitution peut être utilisée sans condition supplémentaire si le matériel en essai peut être déconnecté et enlevé pour la substitution.

Au cas où le matériel en essai ne peut être enlevé, et si sa face avant est une grande surface plane, l'influence de cette surface lors de la substitution doit être prise en compte (voir équation (3b)). Si la face avant du matériel en essai ne rentre pas dans un plan bi-dimensionnel dans la direction de mesure, l'incertitude de mesure supplémentaire n'est pas prise en considération.

2.6.5.3.2 Measurement distances other than the standard distance

The standard measurement distance d_{std} is specified in the product or generic standard. If it is not possible to adhere to the standard measurement distance, the disturbance field strength shall be measured in different measuring distances as described in 2.6.5.2.2. A height scan of the antenna shall be used for each measurement. The disturbance field strength at the standard distance d_{std} shall be determined according to 2.6.5.2.2 by plotting the measured field strength as a function of the measurement distance on a logarithmic scale.

If it is not possible to measure at different measuring distances and the measurement distance refers to the outer wall of a building or the border of the premises, the measurement results shall be converted to the standard distance using equation (1).

$$E_{\text{std}} = E_{\text{mea}} + n \times 20 \times \log \frac{d_{\text{mea}}}{d_{\text{std}}} \quad (1)$$

where

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

E_{mea} is the field strength at the measurement distance in dB(μV/m);

d_{mea} is the measurement distance in metres;

d_{std} is the standard distance in metres.

n depends on the distance d_{mea} as follows:

if $30 \text{ m} \leq d_{\text{mea}}$, $n = 1$;

if $10 \text{ m} < d_{\text{mea}} < 30 \text{ m}$, $n = 0,8$;

if $3 \text{ m} < d_{\text{mea}} < 10 \text{ m}$, $n = 0,6$.

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

Measurement distances closer than 3 m shall not be used.

If it is not possible to measure at different measuring distances, and equation (1) is not used because the measurement distance does not refer to the outer wall of a building or boundary of premises, the field strength should be determined by measurement of the radiated disturbance power (see 2.6.5.4).

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

2.6.5.4.1 General measurement condition

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

If the EUT cannot be removed, and if its front face is a large plane surface, the effect of this face on the substitution shall be taken into account (see equation (3b)). If the front surface of the EUT does not fit into a two-dimensional plane in the measurement direction, the additional measurement uncertainty is not considered.

Au cas où le matériel en essai ne peut être déconnecté, une mesure par substitution de la puissance rayonnée est cependant possible à une fréquence particulière, en utilisant une fréquence voisine à laquelle le champ perturbateur du matériel en essai est au moins 20 dB plus bas que celui à la fréquence considérée («voisine» signifie à moins d'une ou deux fois la bande f.i. du récepteur). Il convient que la fréquence soit choisie en tenant compte, si possible, du brouillage éventuel des services radioélectriques.

2.6.5.4.2 Gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz

2.6.5.4.2.1 Distance de mesure

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

a) d est plus grand que $\frac{\lambda}{2\pi}$ et

b) $d \geq \frac{2 \times D^2}{\lambda}$ (2)

où

d est la distance de mesure, en mètres;

D est la dimension maximale du matériel en essai et de son câblage, en mètres;

λ est la longueur d'onde, en mètres;

ou

la distance de mesure d est égale ou supérieure à 30 m.

En champ lointain, l'exposant n de l'équation (1) peut être supposé égal à 1. Si une mesure à une distance inférieure est adoptée, la conformité à l'hypothèse peut être validée en utilisant la procédure indiquée en 2.6.5.3.2 pour vérifier que l'amplitude du champ diminue inversement à la distance.

Si les conditions locales exigent qu'une mesure à une distance inférieure soit choisie, ceci doit être indiqué.

2.6.5.4.2.2 Méthode de mesure

La puissance efficace rayonnée d'une perturbation doit être mesurée dans la direction du rayonnement maximal avec le matériel en essai placé dans le mode de fonctionnement produisant le champ perturbateur maximal. La distance de mesure doit être choisie conformément à 2.6.5.4.2.1 et à l'amplitude la plus élevée du champ perturbateur, à la fréquence choisie déterminée, en faisant varier la hauteur de l'antenne entre 1 m et 4 m, si possible.

Pour la mesure de la puissance efficace de la perturbation, les étapes a) à g) seront suivies.

- Le matériel en essai doit être déconnecté et enlevé. Un dipôle demi onde, ou une antenne ayant des caractéristiques de rayonnement similaires et un gain G connu par rapport à un dipôle demi onde, lui est substitué. S'il n'est pas pratique d'enlever le matériel en essai, un dipôle demi onde ou large bande (dans la gamme de fréquences inférieure à 150 MHz environ, pour réduire le couplage mutuel avec le matériel en essai) est placé dans le voisinage du matériel en essai. Le voisinage est défini comme étant une zone allant jusqu'à 3 m.
- Le dipôle demi onde (ou large bande) doit alors être alimenté par un générateur de signal réglé à la même fréquence.
- La position et la polarisation du dipôle demi onde (ou d'une antenne large bande) doivent être telles que le récepteur de mesure reçoive l'amplitude de champ la plus élevée. Si le matériel en essai n'est pas enlevé, il doit si possible être déconnecté et le dipôle est déplacé dans une zone allant jusqu'à 3 m du matériel en essai.

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

2.6.5.4.2 Frequency range 30 MHz to 1 000 MHz

2.6.5.4.2.1 Measurement distance

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

a) d is greater than $\frac{\lambda}{2\pi}$ and

b) $d \geq \frac{2 \times D^2}{\lambda}$ (2)

where

d is the measurement distance in meters;

D is the maximum dimension of the EUT with cabling in meters;

λ is the wavelength in meters;

or

the measurement distance d is equal to, or greater than, 30 m.

In the far field the exponent n in equation (1) may be assumed to be 1. If a shorter measurement distance is chosen, this assumption can be validated by using the procedure of 2.6.5.3.2 to verify that the field strength falls off inversely with distance.

If the local conditions require that a shorter measurement distance be chosen, this shall be indicated.

2.6.5.4.2.2 Measurement method

The effective radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. The measurement distance shall be chosen according to 2.6.5.4.2.1 and the highest disturbance field strength on the selected frequency determined by varying the antenna height at least in the range of 1 m to 4 m as far as practicable.

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

- The EUT shall be disconnected and removed. A half-wave dipole or antenna with similar radiation characteristics and known gain G , relative to a half-wave dipole is substituted in its place. If it is impractical to remove the EUT, a half-wave or broadband dipole (in the frequency range lower than about 150 MHz to minimize mutual coupling to the EUT) is positioned in the vicinity of the EUT. The vicinity is a range up to 3 m.
- The half-wave (or broadband) dipole shall then be fed by a signal generator operating on the same frequency.
- The position and polarization of the half-wave dipole (or broadband antenna) shall be such that the measuring receiver receives the highest field strength. If the EUT is not removed, then, if possible, it shall be switched off and the dipole is moved in a range up to 3 m around the EUT.

- d) La puissance du signal injecté doit être ajustée jusqu'à ce que le récepteur donne la même indication que celle correspondant à l'amplitude du champ perturbateur la plus élevée du matériel en essai.
- e) Si la face avant du matériel en essai couvre une grande surface plane (comme un bâtiment équipé d'un réseau de télévision par câbles) l'antenne de substitution (dipôle demi onde) est placée à environ 1 m de la face plane (devant le bâtiment). Il convient de choisir l'emplacement de l'antenne de substitution de telle sorte qu'une ligne fictive entre l'antenne de substitution et l'antenne de mesure soit perpendiculaire à la face du bâtiment.
- f) La hauteur, la polarisation et la distance au plan fictif incluant le dipôle demi onde (ou l'antenne large bande) et perpendiculaire à l'axe de mesure entre l'antenne et l'emplacement de l'antenne de mesure doivent être réglées pour que le récepteur détecte le champ le plus élevé.
- g) La puissance du générateur de signal doit être réglée comme en d).

Pour les matériels en essai enlevés et les matériels en essai dont la face avant n'est pas contenue à l'intérieur d'une grande surface plane fictive, la puissance du générateur de signal P_G plus le gain G de l'antenne d'émission par rapport à un dipôle demi onde fournit la puissance efficace rayonnée P_r à mesurer:

$$P_r = P_G + G \quad (3a)$$

Pour les matériels en essai qui peuvent être contenus à l'intérieur d'une grande surface plane fictive (tels que des bâtiments équipés de réseaux de télécommunications), l'augmentation du gain du dipôle placé devant cette surface est donné par

$$P_r = P_G + G + 4 \text{ dB} \quad (3b)$$

où

P_r est en dB(pW);

P_G est en dB(pW); et

G est en dB.

La puissance efficace rayonnée peut être utilisée pour calculer l'amplitude du champ perturbateur à la distance de mesure normalisée d_{std} . L'amplitude du champ en espace libre E_{libre} est calculée en utilisant l'équation suivante:

$$E_{libre} = \frac{7\sqrt{P_r}}{d_{std}} \quad (4)$$

où

E_{libre} est en $\mu\text{V/m}$;

P_r est en pW; et

d_{std} est en mètres.

Si l'amplitude calculée en espace libre selon l'équation (4) est comparée aux limites de l'amplitude du champ perturbateur mesurée sur des emplacements normalisés, on doit considérer que l'amplitude du champ mesurée sur les emplacements normalisés est approximativement 6 dB au-dessus de l'amplitude en espace libre de l'équation (4) à cause des réflexions du plan de sol. L'équation (4) peut être modifiée pour tenir compte de cet incrément. L'amplitude du champ perturbateur à la distance normalisée E_{std} peut donc être calculée pour la polarisation verticale avec l'équation suivante:

$$E_{std} = P_r - 20 \log d_{std} + 22,9 \quad (5a)$$

- d) The power of the signal generated shall be varied until the measuring receiver shows the same reading as when the highest disturbance field strength from the EUT was measured.
- e) If the front of the EUT fills a large plane surface (for example, a building with a cable-TV network) the substitution antenna (half-wave dipole) is positioned about 1 m in front of the plane surface (in front of the building). The location of the substitution should be so chosen that an imaginary line between the substitution antenna and the measuring antenna is perpendicular to the direction of the face of the building.
- f) The height, polarization and distance to the plane imaginary surface enclosing the half-wave dipole (or broadband antenna) and perpendicular to the measurement axis between the antenna and the location of the measuring antenna shall be varied such that the receiver receives the highest field strength.
- g) The power of the signal generator shall be varied as in d) above.

For removed EUTs and EUTs whose front face is not contained within an imaginary large plane surface, the power at the signal generator P_G plus the gain G of the transmit antenna relative to a half-wave dipole yields the effective radiated disturbance power P_r to be measured:

$$P_r = P_G + G \quad (3a)$$

For EUTs that fit within an imaginary large plane surface (for example, buildings with telecommunication networks), the increase in gain of the dipole positioned in front of this surface is given by

$$P_r = P_G + G + 4 \text{ dB} \quad (3b)$$

where

P_r is in dB(pW);

P_G is in dB(pW); and

G is in dB.

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

$$E_{free} = \frac{7\sqrt{P_r}}{d_{std}} \quad (4)$$

where

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

P_r is in pW; and

d_{std} is in metres.

If the calculated free-space field strength of equation (4) is compared with limits of disturbance field strength measured in standard test sites, it must be considered that the amplitude field strength measured at standard test sites is approximately 6 dB higher than the free space field strength of equation (4) due to the reflections from the ground plane. Equation (4) can be modified to take into account this increment. The disturbance field strength at the standard distance E_{std} can therefore be calculated for the vertical polarization using the following equation:

$$E_{std} = P_r - 20 \log d_{std} + 22,9 \quad (5a)$$

En polarisation horizontale en dessous de 160 MHz, l'amplitude maximale du champ n'est pas mesurée sur des sites normalisés. Par conséquent, le facteur de 6 dB doit être modifié comme suit:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \log d_{\text{std}} + 16,9 + (6 - c_c) \quad (5b)$$

où

E_{std} est en dB(μV/m);

f est la fréquence de mesure;

d_{std} est en mètres;

c_c est le facteur de correction en polarisation horizontale. Ceci a été établi en supposant les sources rayonnantes à 1 m de haut.

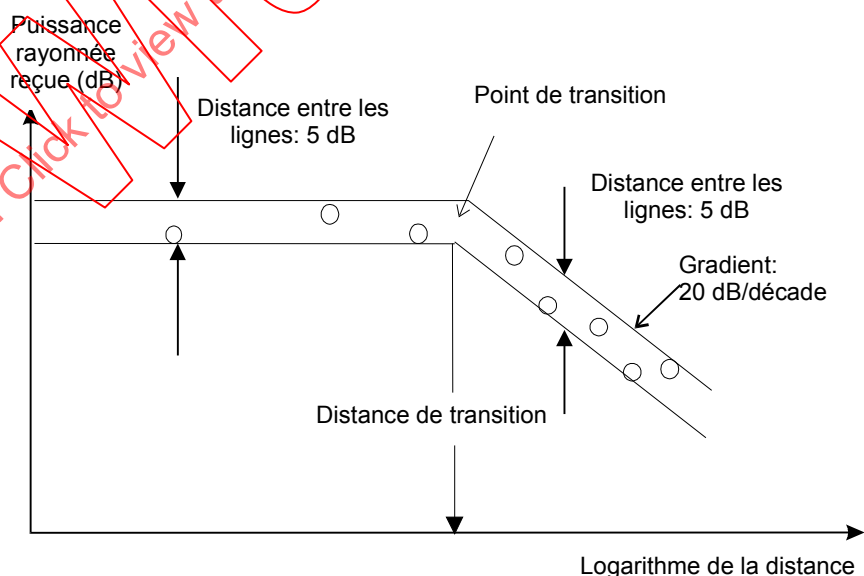
f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

Cette méthode de détermination de l'amplitude maximale du champ perturbateur peut être employée principalement s'il existe des obstacles entre l'antenne de mesure et le matériel en essai.

2.6.5.4.3 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

2.6.5.4.3.1 Distance de mesure

La distance de mesure choisie doit être telle que la mesure soit effectuée en champ lointain. La condition de champ lointain doit être vérifiée en mesurant la puissance perturbatrice rayonnée en fonction de la distance avec un cornet de guide d'onde à double moulure ou avec une antenne log-périodique. Cette prescription est remplie si la distance de mesure est égale ou supérieure à la distance de transition. La distance de transition est signalée par le point de transition déterminé selon la figure 24. Les résultats de mesures sont portés sur un graphique et deux lignes parallèles séparées de 5 dB doivent enserrer la plupart des résultats; le point de transition est celui où les lignes se coupent et après lequel la puissance rayonnée décroît de 20 dB par décade.



IEC 1917/02

Figure 24 – Détermination de la distance de transition

For horizontal polarization below 160 MHz the maximum field strength is not measured at standard test sites. Therefore the 6 dB factor must be corrected as follows:

$$E_{\text{std}} = P_r - 20 \log d_{\text{std}} + 16,9 + (6 - c_c) \quad (5b)$$

where

E_{std} is in dB(μV/m);
 f is the measuring frequency;
 d_{std} is in metres;
 c_c is the correction factor for horizontal polarization. This was determined assuming the radiation source at 1 m in height.

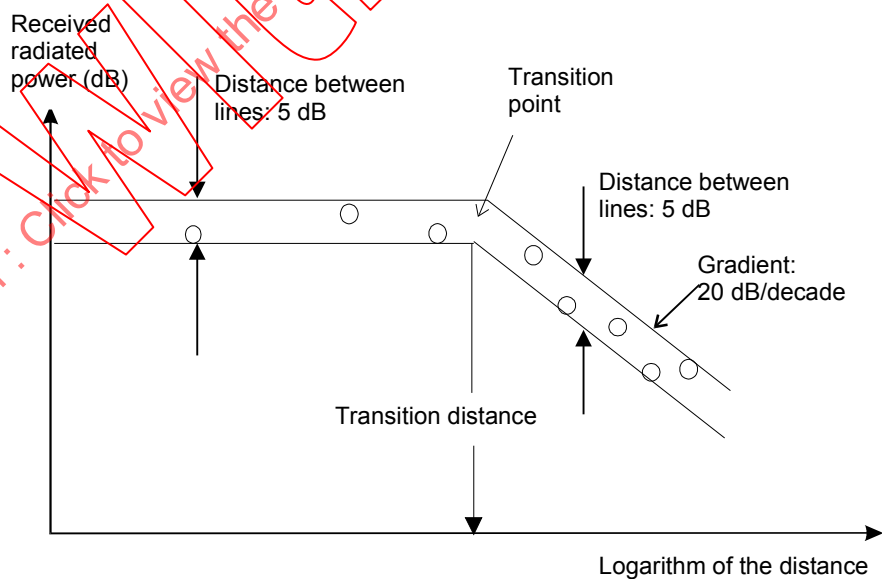
f MHz	30	40	50	60	70	90	100	120	140	160	180	200	750	1 000
c_c dB	11	10,2	9,3	8,5	7,6	5,9	5,1	3,4	1,7	0	0	0	0	0

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

2.6.5.4.3 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

2.6.5.4.3.1 Measurement distance

The measurement distance chosen shall be such that the measurement is made in the far field. The far-field condition shall be verified by measuring the radiated disturbance power with a double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna as a function of the distance. The requirement is met if the measurement distance is equal to, or greater than, the transition distance. The transition distance is marked by the transition point which shall be determined as shown in Figure 24. The measurement results shall be plotted and two parallel lines separated by 5 dB drawn to enclose as many of the measurement results; the transition point is the point where the lines intersect and after which the radiated power decreases by 20 dB/decade.



IEC 1917/02

Figure 24 – Determination of the transition distance

2.6.5.4.3.2 Méthode de mesure

La puissance perturbatrice rayonnée doit être mesurée dans la direction de rayonnement maximal du matériel en essai, celui-ci étant dans le mode de fonctionnement produisant le champ perturbateur le plus élevé. Un cornet de guide d'onde à double moulure ou une antenne log-périodique doivent être utilisés pour déterminer la direction de rayonnement maximal. La distance de mesure doit être choisie conformément au 2.6.5.4.2.1 et l'amplitude du champ perturbateur est mesurée à la fréquence sélectionnée. La position de l'antenne doit être modifiée légèrement pour confirmer que la valeur du champ mesuré n'est pas un minimum local (dû par exemple à des réflexions).

Pour la mesure de la puissance perturbatrice rayonnée le matériel en essai doit être déconnecté et un cornet à double moulure ou une antenne log-périodique doit être placé soit à proximité immédiate soit à la place du matériel en essai. L'antenne doit être alors alimentée par un générateur fonctionnant à la même fréquence. L'orientation de l'antenne doit être telle que le récepteur de mesure reçoive le champ maximal. Cette position de l'antenne doit alors être fixe. La puissance du signal produit doit être ajustée jusqu'à ce que le récepteur reçoive la même puissance que celle produite par le matériel en essai. La puissance du générateur de signal P_G plus le gain G de l'antenne émettrice par rapport au dipôle demi-onde donne la puissance recherchée pour la perturbation P_r :

$$P_r = P_G + G \quad (6)$$

où

P_r est en dB(pW);

P_G est en dB(pW); and

G est en dB.

2.6.5.5 Documentation des résultats de mesure

Il convient que les circonstances particulières et les conditions des mesures *in situ* soient documentées pour permettre de reproduire les conditions de fonctionnement si les mesures sont répétées. Il convient que la documentation comporte:

- les raisons justifiant des mesures *in situ* au lieu de mesures sur un emplacement normalisé;
 - la description du matériel en essai;
 - la documentation technique;
 - le plan à l'échelle de l'emplacement de mesure, indiquant les endroits où les mesures ont été effectuées;
 - la description de l'installation mesurée;
 - les détails de toutes les connexions entre l'installation et le matériel en essai: données techniques et détails des emplacements et configurations;
 - la description des conditions de fonctionnement;
 - les détails concernant les équipements de mesure;
 - les résultats de mesures:
 - polarisation des antennes;
 - valeurs mesurées: fréquence, niveau relevé et niveau de la perturbation;
- NOTE Le niveau de la perturbation est le niveau correspondant à la distance de mesure normalisée.
- évaluation du degré de perturbation (si applicable).

2.6.5.4.3.2 Measurement method

The radiated disturbance power shall be measured in the direction of maximum radiation with the EUT in the mode of operation generating the highest disturbance field strength. A double-ridged waveguide horn or log-periodic antenna shall be used to determine the direction of maximum radiation. The measurement distance shall then be chosen according to 2.6.5.4.2.1 and the disturbance field strength on the selected frequency is measured. The antenna position shall be varied slightly to ensure that the measured field strength is not at a local minimum (due, for example, to reflections).

For the measurement of the radiated disturbance power the EUT shall be disconnected and a double-ridged horn or log-periodic antenna positioned either in the immediate vicinity of the EUT or in its place. The antenna shall then be fed by a signal generator operating at the same frequency. The orientation of the antenna shall be such that the test receiver receives the highest field strength. This antenna position shall be fixed. The power of the signal generated shall be varied until the test receiver receives the same power as that generated by the EUT. The power at the signal generator P_G plus the gain G of the transmitting antenna relative to a half-wave dipole yields the required radiated disturbance power P_r :

$$P_r = P_G + G \quad (6)$$

where

P_r is in dB(pW);

P_G is in dB(pW); and

G is in dB.

2.6.5.5 Documentation of the measurement results

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

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

2.6.6 Mesure dans un système à antennes cadres

Le système à antennes cadres (LAS) étudié dans le présent paragraphe est adapté à la mesure en salle du champ magnétique émis par un seul matériel en essai dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 30 MHz. Le champ magnétique se mesure en termes de courants induits dans le système à antennes cadres par le champ magnétique perturbateur du matériel en essai.

Le système à antennes cadres doit être validé régulièrement en appliquant la méthode décrite en G.4 de la CISPR 16-1, annexe G. Cette annexe fournit également une description complète du système à antennes cadres et une relation entre les résultats des mesures obtenus avec le LAS et ceux obtenus conformément à la description de 2.6.2.

2.6.6.1 Méthode générale de mesure

La figure 16 décrit le concept général sur lequel reposent les mesures réalisées avec le système à antennes cadres. Le matériel en essai est installé au centre du système à antennes cadres. Le courant induit par le champ magnétique du matériel en essai dans chacune des trois grandes antennes cadres du LAS est mesuré en connectant la sonde de courant de la grande antenne cadre au récepteur de mesure (ou équivalent). Au cours des mesures, le matériel en essai reste en position fixe.

Les courants dans les trois grandes antennes cadres, issus des trois composantes de champ magnétique mutuellement orthogonales, sont mesurés à la suite. Chacune des intensités mesurées doit respecter la limite d'émission, exprimée en dB_μA, selon la spécification de la norme de produits.

La limite d'émission doit s'appliquer à un LAS comportant de grandes antennes cadres de diamètre normalisé égal à 2 m.

2.6.6.2 Environnement d'essai

La distance entre le périmètre extérieur du système à antennes cadres et les objets environnants, tels que le sol et les murs, doit être au moins égale à 0,5 m.

Les courants induits dans le LAS par un champ RF ambiant doivent être jugés conformément à l'article 16.4 de la CISPR 16-1.

2.6.6.3 Configuration des matériels en essai

Afin d'éviter un couplage capacitif indésirable entre le matériel en essai et le système à antennes cadres, les dimensions maximales du matériel en essai doivent laisser une marge minimale de 0,20 m entre le matériel en essai et les grandes antennes cadres de 2 m normalisées du LAS.

La position du cordon d'alimentation doit être optimisée pour permettre une induction maximale du courant. En général, cette position n'est pas critique lorsque le matériel en essai respecte la limite d'émission conduite.

Dans le cas d'un matériel en essai de taille importante, il est possible d'augmenter le diamètre des antennes cadres du LAS jusqu'à 4 m. Dans ce cas:

- les valeurs du courant mesurées doivent être corrigées conformément à l'annexe J, à l'article J.6 de la CISPR 16-1; et
- les dimensions maximales du matériel en essai doivent laisser, entre le matériel en essai et les grands cadres une distance minimale de $0,1 \times D$ m, D représentant le diamètre du cadre non normalisé.

2.6.6 Measurement in a loop antenna system

The loop antenna system (LAS) considered in this subclause is suitable for indoor measurement of the magnetic field strength emitted by a single EUT in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. The magnetic field strength is measured in terms of the currents induced into the LAS by the magnetic disturbance field of the EUT.

The LAS shall be validated regularly using the method described in clause G.4 of CISPR 16-1, annex G. That annex also gives a complete description of the LAS and a relation between the measuring results obtained with the LAS and those obtained as described in 2.6.2.

2.6.6.1 General measurement method

Figure 16 shows the general concept of measurements made with the LAS. The EUT is placed in the centre of the LAS. The current induced by the magnetic field from the EUT into each of the three large loop antennas of the LAS is measured by connecting the current probe of the large loop antenna to a measuring receiver (or equivalent). During the measurements the EUT remains in a fixed position.

The currents in the three large loop antennas, originating from the three mutually orthogonal magnetic field components, are measured in sequence. Each current level measured shall comply with the emission limit, expressed in dB μ A, as specified in the product standard.

The emission limit shall apply to a LAS having large loop antennas with the standardized diameter of 2 m.

2.6.6.2 Test environment

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

The currents induced in the LAS by an RF ambient field shall be judged in accordance with 16.4 of CISPR 16-1.

2.6.6.3 Configuration of the equipment under test

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

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

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

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

Section 3: Mesure de l'immunité

3.1 Critères pour les essais d'immunité et procédures générales de mesure

Les mesures de l'immunité reposent sur l'appréciation du point où l'effet de perturbation sur le matériel en essai a atteint un niveau spécifié.

Les mesures de l'immunité sont effectuées généralement en appliquant un signal d'essai utile et un signal d'essai perturbateur au matériel en essai. La base fondamentale d'une mesure est exposée dans cet article avec la liste des conditions qui nécessitent d'être précisées dans les recommandations détaillées élaborées par les comités de produits du CISPR. L'article 3.2 traite des principes généraux des méthodes de mesure de l'immunité en conduction, et l'article 3.3 des méthodes en rayonnement.

3.1.1 Méthode générale de mesure

La figure 17 décrit le concept fondamental sur lequel reposent toutes les méthodes de mesure de l'immunité.

Le matériel en essai est installé, comme il a été spécifié, pour fonctionner dans des conditions normales. Le signal perturbateur est appliqué avec une sévérité croissante jusqu'à ce que la dégradation des performances prescrite soit détectée ou que le niveau d'immunité spécifié soit atteint. On retient la plus faible des deux valeurs.

Le signal perturbateur peut être introduit par rayonnement direct ou par injection de courant ou de tension. Dans la plupart des cas, les techniques de rayonnement direct et d'injection sont nécessaires pour l'évaluation complète du potentiel d'immunité des matériels en essai. La méthode d'injection est plus utile pour des fréquences inférieures à 150 MHz, bien que les essais en rayonnement direct au-dessus de 30 MHz environ soient utilisés. Les essais en rayonnement direct peuvent être effectués en utilisant des champs produits par des antennes et interceptés par le matériel en essai. Dans certains cas, un champ « borné » est plus efficace pour des matériels en essai d'une hauteur inférieure à 1 m. On obtient des champs bornés par exemple avec les cellules TEM, des lignes à bandes et des enveloppes à mode confiné.

3.1.1.1 Evaluation objective de la dégradation des performances

Une évaluation objective de l'immunité du matériel en essai est effectuée en surveillant les tensions, courants, signaux spécifiques, niveaux audio, etc., qui peuvent être enregistrés à l'aide des techniques d'enregistrement analogique ou numérique.

Comme exemple d'une telle évaluation de la dégradation des performances, l'immunité des récepteurs de télévision aux perturbations RF modulées en amplitude est expliquée ci-dessous.

D'abord, seul le signal d'essai utile est appliqué au matériel en essai. Ceci produit un signal audio utile qui est mesuré. La commande du matériel en essai ou du dispositif d'essai est ajustée afin de régler ce signal audio au niveau requis. Le signal audio utile est ensuite retiré, en supprimant la modulation ou le signal d'essai audio. Le signal d'essai perturbateur est appliqué en plus, et son niveau ajusté pour obtenir un signal audio perturbateur au niveau spécifié inférieur au niveau du signal audio utile. Le niveau du signal perturbateur est la valeur de l'immunité du matériel en essai à la fréquence d'essai concernée. Il convient de veiller à ne pas endommager le matériel en essai par des niveaux trop élevés du signal perturbateur.

3.1.1.2 Evaluation subjective de la dégradation des performances

Une évaluation subjective de l'immunité du matériel en essai est effectuée par un contrôle visuel et/ou auditif de la dégradation des performances. Cette technique diffère de celle de 3.1.1.1 en ce que les signaux électriques spécifiques ou similaires et les niveaux ne sont pas directement enregistrés sous forme analogique ou numérique. Par contre, la dégradation des performances n'est pas formulée dans des termes mesurables mais en termes sensoriels, par exemple perception audio ou visuelle, par l'homme, d'un effet de nuisance. Les signaux perturbateurs peuvent être identiques ou similaires à ceux utilisés pour la mesure objective de l'immunité.

Section 3: Immunity measurements

3.1 Immunity test criteria and general measurement procedures

Immunity measurements are based upon a judgement of the point when the effect of interference on the EUT (equipment under test) has reached a specified level.

Immunity measurements are performed in general by the application of a wanted test signal and an unwanted signal to the EUT. The fundamental basis of the measurement is set out in this clause, together with a listing of conditions which need to be specified in the detailed recommendations produced by the CISPR product committees. Clause 3.2 deals with the general principals of conduction methods of measurement for immunity, and clause 3.3 with radiation methods.

3.1.1 General measurement method

Figure 17 sets out the fundamental concept upon which all methods of measurement of immunity are based.

The EUT is set up as specified to represent normal operating conditions. The unwanted signal is applied with increasing severity until the prescribed performance degradation is detected or the specified immunity level is reached, whichever is lower.

The unwanted signal may be introduced by direct radiation or by current/voltage injection. In most cases both the direct radiation and injection techniques will be needed to fully assess the immunity potential of EUTs. The injection method is most useful for frequencies under 150 MHz, although direct radiated tests above approximately 30 MHz are used. The direct radiated tests can be performed using fields launched by antennas and intercepted by the EUT. In some cases a "bounded" field is most efficient for EUTs of height less than 1 m. Examples of bounded fields occur with TEM cells, stripline antennas and mode-stirred enclosures.

3.1.1.1 Objective assessment of performance degradation

Objective assessment of EUT immunity is made by monitoring voltages, currents, specific signals, audio rectification levels, etc., which can be recorded using analogue or digital recording techniques.

As an example of one such assessment of performance degradation, the immunity of television receivers to AM modulated RF interference is presented below.

First the wanted test signal only is applied to the EUT. This produces a wanted audio signal which is measured. The control of the EUT or test set-up is adjusted to set this audio signal at the required level. The wanted audio signal is then removed either by switching off the modulation or the audio test signal. The unwanted signal is applied in addition and its level is adjusted to obtain an unwanted audio signal at the specified level below the wanted audio signal level. The level of the unwanted signal is the measure of immunity of the EUT at the test frequency concerned. Care should be taken in order not to damage the EUT by too high levels of the unwanted signal.

3.1.1.2 Subjective assessment of performance degradation

Subjective assessment of EUT immunity is made by visual and/or aural monitoring of performance degradation for EUTs with such visual or aural or both presentations. This technique differs from that in 3.1.1.1 in that specific electrical or similar signals and levels are not directly recorded with an analogue or digital format. Instead, performance degradation is not formulated in measurable terms but in human sensory terms, e.g., human audio or visual perception of an annoying effect. The unwanted immunity signals can be the same or similar to those used for objective immunity assessment measurements.

Comme exemple d'une telle évaluation subjective de la dégradation des performances, l'immunité des récepteurs de télévision à un signal perturbateur, perçue par l'homme comme des présentations visuelle et auditive dégradées, est indiquée ci-dessous.

Dans le cas de brouillage d'une image, le signal d'essai utile produit une image standard, et le signal perturbateur une dégradation de l'image. La dégradation peut prendre plusieurs formes: superposition, perturbation de synchronisation, distorsion géométrique, perte de contraste et de couleur de l'image, etc.

Il est nécessaire d'indiquer quel est le critère qui constitue la dégradation des performances et de spécifier les conditions dans lesquelles l'estimation subjective doit être effectuée.

D'abord, seul le signal utile est appliqué au matériel en essai. Les commandes du matériel en essai sont réglées pour obtenir une image de luminosité, de contraste et de saturation de couleurs normale. Le signal perturbateur est ensuite appliqué en plus, et son niveau réglé pour obtenir une dégradation de l'image telle qu'elle soit perçue par l'homme qui la regarde. Ce niveau est la mesure de l'immunité du matériel en essai à la fréquence d'essai concernée.

3.1.1.3 Mesure par rapport à une limite

La mesure réelle de l'immunité peut ne pas être requise, c'est-à-dire quand il suffit de savoir si le matériel en essai respecte une limite ou non. Le signal perturbateur, plutôt que d'être réglé à chaque fréquence d'essai, est maintenu au niveau de la limite, et sa fréquence balayée à l'intérieur de la gamme d'essai. Le matériel en essai est considéré comme respectant la limite si aucune dégradation, objective ou subjective, n'est observée à aucun moment. Cette procédure s'appelle l'essai «bon/mauvais».

3.1.2 Critères de dégradation pour l'immunité

Pour établir des critères d'immunité raisonnables, il est nécessaire de définir ce que signifie la dégradation des performances. La progressivité de la dégradation des performances peut se présenter comme suit:

- a) *pas de dégradation*: le matériel est conforme à ses spécifications de conception. Ce type de critère doit être adopté pour les matériels sensibles dans les domaines de la santé et de la sécurité, de même que pour les services ayant un impact sur un grand nombre de consommateurs. Il est également concevable de l'utiliser comme critère d'immunité pour certains processus critiques ou pour le fonctionnement de matériels;
- b) *dégradation détectable*: dans ce cas, les performances sont affectées par une perturbation électromagnétique. Une augmentation du bruit dans les circuits vidéo et audio, une diminution du rapport signal/bruit dans les circuits de commande, un taux d'erreurs dans les systèmes numériques avoisinant la limite admissible pour le système, ou des perturbations audio ou visuelles nuisibles sont des exemples de dégradation détectable. Il convient que l'intervention d'un opérateur ne soit pas nécessaire pour continuer d'utiliser le produit ou matériel électronique. Ce critère de dégradation est généralement utilisé pour les produits de grande série. La dégradation disparaît lorsqu'on supprime le signal d'immunité;
- c) *dégradation sérieuse*: dans ce cas, les matériels ne peuvent plus fournir un fonctionnement continu satisfaisant. Pour corriger cela, l'équipe technique de terrain ou le service clientèle passeront un temps considérable sur place à essayer d'identifier et de corriger le problème. Le niveau d'immunité doit être choisi de sorte que cette dégradation se produise seulement en de très rares occasions. L'intervention d'un opérateur est nécessaire à la restauration du fonctionnement spécifique d'un produit ou matériel électronique, par exemple en cas de blocage système, de réinitialisation, d'écriture incontrôlée sur disquette et autre altération de la mémoire;
- d) *défaut/absence totale de fonctionnement*: c'est la catégorie la plus importante, où le produit est entièrement défectueux et ne peut pas être relancé pour fonctionner à nouveau. Il subira finalement un dommage mécanique. Aucune réparation sur le terrain ne peut être effectuée. Ceci entraîne la nécessité d'un remplacement complet du matériel avec un travail urgent de révision de la conception pour accroître son niveau d'immunité. Le service peut être interrompu pendant une durée indéterminée qui dépend de l'aptitude du fabricant à produire un matériel de remplacement qui soit satisfaisant.

As an example of one such subjective assessment of performance degradation, the immunity of television receivers to an unwanted signal, as perceived by humans as degraded visual and aural presentations, is given below.

In the case of picture interference, the wanted test signal produces a standard picture and the unwanted signal produces a degradation of the picture. The degradation may be in a number of forms, such as a superposed pattern, sync disturbance, geometrical distortion, loss of picture contrast or colour, etc.

The criterion of what constitutes performance degradation needs to be prescribed, and the conditions under which the subjective assessment is to be made must be specified.

First the wanted signal only is applied to the EUT. The controls of the EUT are set to obtain a picture of normal brightness, contrast and colour saturation. The unwanted signal is then applied in addition and its level adjusted to obtain degradation of the picture as perceived by a human watching the picture. This level is the measure of immunity of the EUT at the test frequency concerned.

3.1.1.3 Measurement to a limit

The actual measurement of the immunity may not be required, i.e., when it is sufficient to know whether the EUT meets a limit or not. The unwanted signal, instead of being adjusted at each test frequency, is kept at the level of the limit and its frequency swept through the test range. The EUT is considered to meet the limit if no degradation, whether objective or subjective, is observed at any time. This procedure is called a "go/no-go" test.

3.1.2 Immunity degradation criteria

To establish reasonable immunity criteria will require defining what is meant by performance degradation. One such view of the progressiveness of performance degradation may be as follows:

- a) *no degradation*: equipment complies with its design specifications. This type of criterion shall be adopted for sensitive health and safety equipment, as well as services with impact on large populations of consumers. It might conceivably be used as an immunity criterion for some critical processes or equipment operation as well;
- b) *noticeable degradation*: in this case, the performance has been affected by an EM disturbance. Increased noise in video and audio circuits, decreased signal-to-noise ratio in control circuits, error rates in digital systems approaching an allowable system maximum, or annoying audio or visual disturbances are examples of noticeable degradation. No operator intervention should be required to continue use of the electronic product/equipment. This degradation is generally used for mass produced products. The degradation disappears when the immunity signal is removed;
- c) *serious degradation*: in this category, products will not be able to provide continuous satisfactory operation. To correct this, field engineering or customer service representatives will spend considerable time in the field trying to identify and correct the problem. This immunity level should be set so that it occurs on very rare occasions. Operator intervention is required to restore specific operation of electronic product/equipment such as system lockups, resets, indiscriminate writing on floppy disk, and other altering of memory;
- d) *failure/total inoperability*: this is the most serious category where the product totally fails and cannot be reset to regain operability. Eventually, mechanical damage will occur. No field repair can be accomplished. This creates a need for complete equipment replacement with an urgent redesign to increase its immunity level. Customer service could be interrupted for an indefinite time dependent on the capability of the manufacturer to produce a satisfactory replacement product.

Il appartient aux comités de produits de déterminer les critères de dégradation du produit dans les conditions mentionnées ci-dessus.

3.1.3 Détails à donner dans la spécification de produits

En plus de spécifier la méthode de mesure détaillée de l'immunité et les moyens de déterminer une dégradation acceptable des performances, les spécifications du produit doivent comporter d'autres détails utiles décrits ci-dessous.

3.1.3.1 Environnement pendant l'essai

Il faut prendre en considération les nécessités de l'environnement pendant l'essai. Il est nécessaire de spécifier l'environnement physique, par exemple les gammes de température et d'humidité. Il faut également spécifier l'environnement électromagnétique, en particulier le niveau maximal des signaux ambiants.

3.1.3.2 Conditions de fonctionnement du matériel en essai

Il faut spécifier les conditions de fonctionnement du matériel en essai, par exemple les caractéristiques du signal utile à l'entrée, les modes de fonctionnement du matériel en essai, etc.

3.1.3.3 Menace électromagnétique

Plusieurs formes de perturbations électromagnétiques sont susceptibles de provoquer des dysfonctionnements du matériel en essai. Le comité de produits doit décider s'il convient que la spécification de l'immunité couvre toutes les éventualités c'est-à-dire l'immunité aux ondes radioélectriques émises, aux signaux conduits, aux impulsions brèves, aux creux de tension, aux interruptions, aux distorsions de l'alimentation, aux décharges électrostatiques, aux tensions induites par la foudre, etc.

Pour chaque menace potentielle, il faut évaluer le mode de couplage afin que le matériel d'essai approprié puisse être spécifié avec la méthode de mesure couverte. Les comités de produits devront également adapter à leurs produits particuliers les principes généraux de mesures donnés dans cette section.

Il faut spécifier les caractéristiques du signal perturbateur, par exemple l'amplitude, la modulation, la direction, la polarisation, etc. Il faut définir la gamme de fréquences applicable pour chaque méthode, par exemple, la gamme de fréquences utiles de la cellule TEM dépend de sa largeur qui, à son tour, dépend de la taille du matériel en essai.

Il faut examiner le matériel en essai afin de déterminer s'il est particulièrement susceptible dans l'un de ses modes de fonctionnement ou à une fréquence particulière de signal perturbateur.

3.1.3.4 Etalonnage

La spécification du produit doit faire référence aux besoins d'étalonnage, soit en se référant à une norme fondamentale, soit en incluant une procédure d'étalonnage dans la spécification de produits ou de famille de produits. Il convient d'y faire figurer à la fois l'étalonnage périodique du matériel d'essai utilisé et les paramètres d'étalonnage tels que l'amplitude et l'homogénéité du signal perturbateur, utilisé dans les méthodes de rayonnement direct ou d'injection.

3.1.3.5 Evaluation statistique

La spécification du produit doit établir la signification de la limite CISPR. En particulier, il convient de s'interroger sur l'application de la règle 80/80 de la recommandation 46/1 pour les essais et, dans ce cas, sur la méthode d'échantillonnage à utiliser.

It is the task of the product committees to determine the product degradation criteria for the above conditions.

3.1.3 Product specification details

In addition to specifying the detailed immunity measurement method and the means of determining the degradation of performance acceptable, the product specifications must include other relevant details as outlined below.

3.1.3.1 Test environment

The needs of the test environment must be considered. The physical environment needs to be specified, e.g., temperature or humidity ranges. Also the EM environment must be specified, in particular, the maximum level of ambient signals.

3.1.3.2 Working conditions of EUT

The working conditions of the EUT must be specified, e.g., the characteristics of the wanted input signal, the modes of operation of the EUT, etc.

3.1.3.3 EM threat

There are many forms of EM disturbances which may cause the EUT to malfunction. The product committee must consider whether the immunity specification should cover all eventualities, i.e., immunity from transmitted radio waves, from conduction of signals, from spikes/dips/outages/distortions on the mains, from electrostatic discharge, from lightning induced surges, etc.

For each potential threat, the mode of coupling must be evaluated so that the appropriate specialized test equipment can be specified together with the covered method of measurement. It will thus be necessary for the product committees to adapt the general measurement principles set out in this clause to their particular product.

The characteristics of the unwanted signal must be specified, e.g., amplitude, modulation, direction, polarization, etc. The frequency range of applicability of each method must be defined, e.g., the useful frequency range of the TEM cell is dependent on its width and this in turn is dependent upon the size of the EUT.

The EUT must be examined to determine whether it is particularly susceptible in any mode of operation or for a particular frequency of unwanted signal.

3.1.3.4 Calibration

The product specification must address calibration needs, either by referring to a basic standard or including the calibration procedure within the product or product family specification. This should include both the periodic calibration of the test equipment used and particularly the means of calibrating said parameters as the amplitude and homogeneity of the unwanted signal as it is used in direct radiation or injection methods.

3.1.3.5 Statistical assessment

The product specification must state the significance of the CISPR limit. In particular, it should address the question of whether the testing should conform to the 80/80 rule of Recommendation 46/1, and if so, which of the sampling methods should be used.

Pour les essais d'immunité effectués jusqu'à ce qu'une dégradation des performances se produise, il est possible de juger la conformité à une limite d'immunité définie par le CISPR à l'aide d'un échantillon de taille appropriée, telle qu'une partie de l'échantillon puisse dépasser la limite autorisée. Pour des essais d'immunité effectués à la limite de l'immunité afin de déterminer la conformité, par exemple des essais bon/mauvais, sans mesurer la marge d'immunité, les techniques statistiques peuvent ne pas s'appliquer.

3.2 Méthode de mesure de l'immunité pour les signaux conduits

La méthode de base consiste à injecter le signal perturbateur sur un câble et à augmenter son niveau jusqu'à ce que l'on observe le niveau spécifié de dégradation ou que l'on atteigne le niveau d'immunité spécifié, en retenant le phénomène qui se manifeste en premier. Le câble peut être un câble de signalisation, de commande ou d'alimentation. Il y a deux variantes à cette méthode: l'injection de courant, qui sert à estimer l'immunité aux signaux de mode commun (non symétriques), et l'injection de tension, qui sert à estimer l'immunité aux signaux de mode différentiel (symétriques). En général, l'injection de courant est effectuée comme essai minimal puisque ce mode est plus vulnérable aux environnements RF rayonnés.

Le principe général de mesure de l'injection est illustré par la figure 18. Les effets des signaux brouilleurs induits sur le câble d'un matériel en situation réelle sont simulés par l'injection d'un signal perturbateur, par un boîtier de couplage approprié.

Dans le cas d'une injection de courant pour câbles non blindés, le courant perturbateur est injecté en mode commun dans les conducteurs. Dans le cas de câbles coaxiaux ou blindés, le courant perturbateur est injecté sur le conducteur extérieur ou le blindage du câble également en mode commun (voir figure 18). Le courant passe dans le matériel en essai et retourne au générateur par la capacité par rapport à la masse, en parallèle sur les impédances de charge des autres bornes fournies par les boîtiers de couplage. A noter que dans certains cas une partie du signal de mode commun est convertie en mode différentiel, masquant ainsi la véritable réponse en mode commun. Il peut s'agir d'une combinaison de courants en mode commun affectant les différences de potentiel RF aux extrémités opposées du câble et provoquant une dégradation du signal utile en signaux perturbateurs.

Dans le cas d'une injection de tension, le signal est appliqué entre deux fils. A noter que lorsque les fréquences avoisinent 100 MHz ou plus, l'injection pour l'immunité en conduction par les deux méthodes est rendue difficile, à cause des impédances et des conditions de résonance des câbles et des charges du matériel en essai.

3.2.1 Boîtiers de couplage

Les boîtiers de couplage comportent des inductances d'arrêt, des condensateurs et des réseaux résistifs pour l'injection de signaux perturbateurs. L'impédance de la source de tension du signal perturbateur et les impédances de charge sont normalisées; les boîtiers de couplage sont choisis pour fournir cette impédance. Ils permettent également le passage du signal utile d'essai, d'autres signaux et de l'alimentation secteur. Les détails de construction et les vérifications des performances des boîtiers de couplage se trouvent dans la CISPR 16-1.

3.2.2 Installation de mesure

Il convient de spécifier de manière appropriée la disposition utilisée pour la mesure de l'immunité conduite, afin d'assurer la précision et la répétabilité. Il convient notamment de spécifier les points particuliers suivants:

- a) hauteur d'un matériel en essai au-dessus d'un plan de masse spécifié;
- b) disposition des câbles excédentaires pour les signaux et l'alimentation;
- c) longueur des câbles reliant le boîtier de couplage aux cordons de signalisation et d'alimentation;

For immunity testing until a performance degradation occurs, compliance with a CISPR limit for immunity may be judged using a suitable sample size such that a portion of the sample may exceed the permissible limit. For immunity testing performed at the immunity limit to determine compliance, e.g. go/no-go testing, without measuring the margin of immunity, statistical techniques may not apply.

3.2 Method of measurement of immunity for conducted signals

The basic method is to inject the unwanted signal into a lead and increase the level until the specified level of degradation is observed or the specified immunity level is reached, whichever is first. The lead may be a signal, a control or mains lead. There are two variants of the method. Current injection is used to assess immunity to common mode (asymmetric) signals, the voltage injection method to assess immunity from differential mode (symmetric) signals. In general current injection is performed as a minimum since that mode is most vulnerable to radiated RF environments.

The general principle of the injection measurement is illustrated in figure 18. The effects of interference signals induced into a lead of an equipment in an actual situation are simulated by the injection of an unwanted signal through a suitable coupling unit.

In the case of current injection for unshielded leads, the unwanted current is injected in common mode into the conductors. In the case of coaxial or shielded cables the unwanted current is injected into the outer conductor or the shield of the cable also in common mode (see figure 18). The current flows through the EUT returning to the generator through the ground capacitance in parallel with the load impedances of the other terminals provided by coupling units. Note that in some cases a portion of the common mode signal is converted into differential mode, thus masking the true common-mode response. This may be a combination of common mode currents which affect the RF potential differences at opposite ends of the lead and cause a degradation of the wanted signal to unwanted signal ratios.

In the case of voltage injection, the signal is applied between two wires. Note that at frequencies approaching 100 MHz or greater, conducted immunity injection by both methods is difficult due to the impedances and resonant conditions of the EUT leads and loads.

3.2.1 Coupling units

The coupling units contain RF chokes, capacitors, and resistive networks for the injection of unwanted signals. The impedance of the unwanted signal voltage source and the load impedances are standardized and the coupling units are designed to provide this impedance. They also permit the passage of the wanted test signal, other signals, and mains supply. Construction details and performance checks of coupling units are contained in CISPR 16-1.

3.2.2 Measurement set-up

The arrangement used for conducted immunity measurements must be adequately specified to ensure accuracy and repeatability. Particular items to specify include:

- a) height of EUT above a specified ground plane;
- b) disposition of excess signal and power leads;
- c) length of leads connecting coupling unit to signal and power leads;

- d) contrôle de la disposition de tous les composants utilisés c'est-à-dire du matériel en essai, de ses câbles, du boîtier de couplage, du plan de masse, des cordons d'interconnexion, de la source du signal, etc.;
- e) qualité des câbles c'est-à-dire des connexions de blindage, de l'impédance de transfert, etc.

On donne ci-dessous des détails supplémentaires pour de telles spécifications dans le cas de la mesure de l'immunité de récepteurs de télévision, à titre d'exemple.

Le récepteur de télévision est placé à 100 mm au-dessus du plan de masse métallique de 2 m sur 1 m. Les boîtiers de couplage sont insérés dans les différents câbles. Les câbles reliant les boîtiers de couplage au matériel en essai doivent être aussi courts que possible, particulièrement celui de l'entrée de l'antenne du matériel en essai, qui ne doit pas dépasser 300 mm.

Le cordon d'alimentation doit avoir une longueur de 300 mm. S'il dépasse cette dimension, il doit être replié en faisceau pour obtenir une longueur de 300 mm. Le cordon d'alimentation doit être fixé selon une disposition bien définie et notée dans le rapport d'essai. La distance entre les câbles et le plan de masse ne doit pas être inférieure à 30 mm.

Le nombre maximal de boîtiers de couplage utilisés lors d'un essai doit s'élever à six. Dans le cas des matériels en essai à plus de six bornes, les boîtiers de couplage doivent être utilisés pour au moins chacun des types de bornes présents.

NOTE Il convient que les comités de produits incluent ce type de détails dans la spécification de produits.

3.2.3 Méthode de mesure de l'immunité en entrée

Le signal perturbateur est appliqué aux bornes d'entrée du matériel en essai qui reçoivent normalement des signaux à fréquence radioélectrique de cette façon. Ce signal perturbateur est mélangé au signal utile. Les paragraphes suivants font ressortir les essais qui peuvent s'appliquer aux récepteurs de radiodiffusion sonore et de télévision, à titre d'exemple. Voir également la CISPR 13.

3.2.3.1 Mesure des récepteurs de radiodiffusion sonore

Pour ces mesures, la précision en fréquence de signaux perturbateurs et utiles doit être spécifiée, par exemple ± 1 kHz.

Le dispositif de mesure est représenté à la figure 19. Le générateur de signal perturbateur (1) et le générateur de signal utile (2) sont interconnectés au moyen d'un réseau de couplage (6). Afin d'éviter un brouillage mutuel entre les deux générateurs, la perte de couplage peut être accentuée avec des atténuateurs (7). La sortie du réseau de couplage, dont l'impédance de la source doit être spécifiée, doit être adaptée à celle de la borne d'entrée du matériel en essai par le réseau (8). La sortie audio est mesurée comme spécifié.

3.2.3.2 Mesure des récepteurs de télévision

Le dispositif de mesure est représenté à la figure 20. Son principe de fonctionnement est similaire à celui de la figure 19 et les remarques du 3.2.3.1 s'appliquent. Le filtre passe-bas (10) est ajouté pour éviter l'influence des harmoniques des générateurs de signaux perturbateurs sur les résultats de mesure.

3.3 Méthode de mesure de l'immunité au champ électrique perturbateur rayonné

Les articles suivants définissent plusieurs méthodes de mesure de l'immunité au champ électrique perturbateur rayonné.

- d) control of lay-out of all components used, that is EUT, its leads, coupling unit, ground plane, interconnect leads, signal source, etc.;
- e) quality of leads, that is, shield connections, transfer impedance, etc.

More details on such specifications follow for the case of measuring the immunity of TV receivers, as an example.

The TV receiver is placed 100 mm above a metallic ground plane of dimensions 2 m by 1 m. The coupling units are inserted into the various leads, respectively. The leads linking the coupling units to the EUT shall be as short as possible, in particular the lead to the antenna input of the EUT shall be not longer than 300 mm.

The mains lead shall be 300 mm long. If longer, it shall be bundled to a length of 300 mm. The mains lead shall be fixed in a well-defined lay-out which shall be recorded in the test report. The distance between the leads and the ground plane shall be not less than 30 mm.

The maximum number of coupling units used in a test shall be six. In the case of EUTs with more than six terminals, coupling units shall be used for at least one of each type of terminals, if present.

NOTE Product committees should include such details in the product specification.

3.2.3 Method of measurement of input immunity

The unwanted signal is applied to the input terminals of EUTs that normally receive radio-frequency signals in that manner. This unwanted signal is mixed with the desired signal. The following subclauses highlight such tests as may apply to sound and television receivers, as examples. Also, see CISPR 13.

3.2.3.1 Measurement of sound receivers

For these measurements the wanted and the unwanted signal frequencies shall be specified in terms of accuracy, e.g., ± 1 kHz.

The measuring set-up is shown in figure 19. The unwanted signal generator (1) and the wanted signal generator (2) are interconnected by means of the coupling network (6). To avoid mutual interference between the two generators, the coupling loss can be increased with the attenuators (7). The output of the coupling network, the source impedance of which shall be specified, shall be matched to the input terminal of the EUT by the network (8). The audio output is measured as specified.

3.2.3.2 Measurement of television receivers

The measuring set-up is shown in figure 20. The principle of operation is similar to the measuring set-up of figure 19 and the remarks in 3.2.3.1 apply. The low-pass filter (10) is added to prevent influence of the measuring results by harmonics of the unwanted signal generators.

3.3 Method of measurement of immunity to radiated electric field interference

The following clauses delineate various methods of measurement of immunity to radiated electric field interference.

3.3.1 Mesure utilisant le mode TEM

Une onde électromagnétique homogène en espace libre peut être simulée par une onde guidée en mode TEM (électromagnétique transverse) se déplaçant entre deux surfaces plates conductrices parallèles. Dans ce cas, la composante électrique du champ est perpendiculaire aux conducteurs, et la composante magnétique est parallèle. Les dispositifs TEM peuvent être des lignes TEM ouvertes à plaques ou être de construction fermée, par exemple dispositif TEM ou GTEM. Des détails concernant les dispositifs TEM et lignes TEM ouvertes à plaques sont donnés dans la CISPR 16-1. La description du dispositif GTEM est à l'étude.

3.3.1.1 Installation de mesure utilisant la ligne TEM ouverte à plaques

La ligne TEM ouverte se compose de deux plaques parallèles suffisamment espacées pour correspondre à deux fois la hauteur électrique du matériel en essai. La structure métallique du matériel en essai dans le plan vertical constitue sa hauteur électrique. Les matériels en essai d'une hauteur électrique supérieure à la moitié de la distance entre les plaques parallèles peuvent charger la ligne TEM et introduire un effet significatif sur la valeur du champ électrique appliqué. Au-delà de la fréquence de coupure de la ligne TEM, il convient de noter la présence simultanée des composantes perpendiculaire et horizontale du champ électrique.

Pour les matériels en essai qui satisfont aux limites de hauteur données ci-dessus et pour des essais généralement en dessous de 150 MHz, la disposition et les distances de ligne TEM suivantes sont recommandées:

- la base de la ligne TEM doit être placée sur des supports non métalliques à 0,80 m minimum au-dessus du sol, et la plaque conductrice supérieure doit être placée au minimum à 0,80 m du plafond;
- utilisée dans une salle, les bords latéraux de la ligne TEM doivent être placés au minimum à 0,80 m du mur ou d'autres objets. Utilisé dans une cage de Faraday, un matériau absorbant doit être placé dans l'espace situé entre les côtés de la ligne TEM et les murs de la cage de Faraday. La figure 21 montre la disposition de base;
- le matériel en essai est placé sur un support non métallique, à une hauteur de 100 mm, au centre de la ligne TEM (voir figure 22);
- les câbles de connexion du matériel en essai sont insérés par des trous dans la plaque conductrice de base de la ligne TEM. Les longueurs de câbles à l'intérieur d'une ligne TEM doivent être aussi courtes que possible et complètement entourées d'anneaux de ferrite, pour atténuer les courants induits. L'impédance de transfert des câbles coaxiaux utilisés ne doit pas être supérieure à 50 mΩ / m à 30 MHz;
- les transformateurs symétriques/non symétriques doivent être connectés au matériel en essai par des câbles aussi courts que possible;
- les bornes du matériel en essai non utilisées pendant la mesure doivent être fermées par des résistances blindées adaptées à l'impédance nominale de la borne.

Si un matériel en essai nécessite un autre matériel pour fonctionner correctement, ce matériel additionnel doit être considéré comme faisant partie du matériel de mesure et des précautions doivent être prises pour s'assurer qu'il n'est pas exposé à un signal perturbateur. Ces précautions peuvent comprendre une mise à la masse des blindages coaxiaux, un blindage et une insertion de filtre RF ou l'application d'anneaux de ferrite aux câbles de connexion.

3.3.1.1.1 Circuit de mesure pour les récepteurs

La figure 23 montre le circuit utilisé pour mesurer l'immunité des récepteurs de radiodiffusion sonore. Il s'agit là d'un exemple d'utilisation de la ligne TEM. Le signal d'essai utile est fourni par le générateur G2 connecté par un réseau adaptateur à l'entrée du matériel en essai.

3.3.1 Measurements using the TEM mode

A homogeneous, electromagnetic wave under the free space conditions can be simulated by a guided wave of the TEM (transverse electromagnetic) mode travelling between two flat parallel conducting surfaces. In this case the electric field component is perpendicular, and the magnetic field component parallel, to the conductors. TEM devices may be of the open stripline or the closed construction, e.g. TEM or GTEM device. Details of the TEM and stripline devices are given in CISPR 16-1. The description of the GTEM device is under consideration.

3.3.1.1 Measurement set-up using the open stripline

The open stripline consists of two parallel plates sufficiently spaced apart to accommodate twice the electrical height of an EUT. The metallic structure of the EUT in the vertical plane constitutes the electrical height of the EUT. EUTs whose electrical height is greater than half the parallel plate separation may load the stripline and introduce a significant effect on the applied electric field strength. It should be noted that above the cut-off frequency of the stripline, both perpendicular and horizontal electric field strength components are present.

For the EUTs that meet the above height restriction and for testing generally under 150 MHz, the following arrangement and stripline distances are recommended:

- the base of the stripline shall be placed on non-metallic supports at least 0,8 m from the floor, and the top conductor plate shall be no closer than 0,8 m from the ceiling;
- when used in a room, the stripline shall be spaced at least 0,8 m from its open longitudinal sides to walls or other objects. When used inside a screened room, RF, absorbing material shall be placed in the space between the sides of the stripline and the walls of the screened room. Figure 21 shows the basic arrangements;
- the EUT is placed on a non-metallic support, 100 mm high, in the centre of the stripline (see figure 22);
- connecting leads to the EUT are inserted through holes in the base conductor plate of the stripline. The lengths of the leads inside the stripline shall be as short as possible and completely surrounded by ferrite rings to attenuate induced currents. The transfer impedance of coaxial cables used shall be not higher than 50 mΩ /m at 30 MHz;
- any balanced-to-unbalanced transformer used shall be connected to the EUT with leads as short as possible;
- terminals of the EUT not used during the measurement shall be terminated with shielded resistors matching the nominal terminal impedance.

If an EUT requires another apparatus in order to function properly that additional apparatus shall be considered as part of the measuring equipment and precautions shall be taken to ensure that the additional apparatus is not exposed to the unwanted signal. These precautions may include additional grounding of coaxial shields, shielding, and inserting of an RF filter on, or the application of ferrite rings to, the connecting cables.

3.3.1.1.1 Measurement circuit for receivers

Figure 23 shows the circuit used for measuring the immunity of sound and broadcast receivers. This is an example of the use of the stripline. The wanted test signal is supplied by generator G2 and is connected through a matching network to the input of the EUT.

Le signal perturbateur est fourni par le générateur G1 connecté à un réseau adaptateur MN de la ligne TEM par l'interrupteur S1, l'amplificateur à large bande Am et le filtre passe-bas F. L'amplificateur à large bande Am peut être nécessaire pour obtenir la valeur de champ nécessaire. La ligne TEM est chargée par une impédance de terminaison.

On doit prendre soin de respecter le niveau d'harmoniques à la sortie RF du générateur G1, en particulier à la sortie de l'amplificateur à large bande Am. Les harmoniques sont susceptibles d'influencer la mesure s'ils coïncident avec d'autres réponses du matériel en essai. Dans le cas où le matériel en essai est un récepteur de télévision, les réponses à un harmonique peuvent se produire sur le canal d'accord ou à la fréquence intermédiaire du matériel en essai. Dans certains cas, des dispositions doivent être prises afin de réduire le niveau d'harmoniques de manière adéquate, en insérant un filtre passe-bas F qui puisse supporter la puissance d'entrée provenant de Am. Il convient de procéder à des vérifications spécifiques de l'aptitude de ces filtres.

Les niveaux de puissance de sortie audio doivent être mesurés comme spécifiés dans les exigences relatives au produit.

3.3.1.2 Installation de mesure utilisant un dispositif TEM fermé

(A l'étude)

3.3.1.2.1 Circuit de mesure

(A l'étude)

3.3.2 Mesure utilisant des cages de Faraday avec absorbants

3.3.2.1 Introduction

Les cages de Faraday avec absorbants se composent d'une chambre standard blindée sur six côtés avec un matériau absorbant en RF appliqué aux quatre murs et au plafond. Généralement, le sol de la cage est non traité et agit comme plan de masse de référence pour les mesures. Pour assurer l'uniformité du champ, il peut être nécessaire d'ajouter un matériau absorbant au niveau du sol de la chambre. Le matériau absorbant se compose généralement de mousse imprégnée de carbone. On utilise également des tuiles de ferrite ou un mélange de tuiles de ferrite et de mousse imprégnée de carbone. Ces deux matériaux dissipent l'énergie indésirable incidente sur la surface sous forme de chaleur. Pour des niveaux d'immunité à forte puissance, il convient de se préoccuper de ne pas dépasser la dissipation de chaleur des matériaux. Des traitements ignifugeants spéciaux sont disponibles pour ces matériaux.

3.3.2.2 Taille

La taille des cages de Faraday avec absorbants dépend de plusieurs facteurs:

- a) l'espace d'essai nécessaire pour le matériel en essai;
- b) le volume nécessaire pour placer l'antenne émettrice et sa/ses hauteur(s) requise(s) au-dessus du plan de masse;
- c) la taille du matériau absorbant;
- d) la distance entre l'antenne et le matériel en essai;
- e) la distance entre le matériel en essai ou l'antenne et le matériau absorbant le plus proche;
- f) les dimensions nécessaires pour la chambre afin d'atteindre la précision et l'uniformité souhaitées du champ dans l'emplacement d'essai.

The unwanted signal is supplied by generator G1 and is connected through switch S1, wide-band amplifier Am, and low-pass filter F to a matching network MN of the stripline. The wide-band amplifier Am may be required to provide the necessary field strength. The stripline is loaded with a terminating impedance.

Care shall be taken with respect to the harmonic level of the RF output of the generator G1 and in particular the output of the wide-band amplifier Am. Harmonics may influence the measurement if they coincide with other responses of the EUT. For the case where the EUT is a TV receiver, such responses from a harmonic may be at the tuned channel or the i.f. channel of the EUT. In some cases provisions shall be made to reduce the harmonic level adequately by inserting a suitable low-pass filter F that can handle the input power from the Am. Specific checks of the suitability of these filters should be made.

The audio output power levels shall be measured as specified in the product requirements.

3.3.1.2 Measurement set-up using a closed TEM device

(Under consideration)

3.3.1.2.1 Measurement circuit

(Under consideration)

3.3.2 Measurement using absorber-lined shielded rooms

3.3.2.1 Introduction

Absorber-lined shielded rooms are comprised of a standard six-sided shielded room which has some form of RF-absorbent material applied to the four walls and ceiling. Generally, the shielded room floor is untreated and acts as the reference ground plane for measurements. For field uniformity, the floor of the room may also require the addition of absorber material. The absorber material is generally comprised of carbon-impregnated foam. Other material includes ferrite tiles or combinations of ferrite tiles and carbon-impregnated foam. Both materials dissipate the undesirable energy impinging on its surface in the form of heat. For high power immunity levels, due concern for exceeding the heat dissipation rating of the absorbing material should be given. Special fire-retardant treatments are available for the material.

3.3.2.2 Size

The size of absorber-lined shielded rooms depends on several factors:

- a) test area needed for the EUT system;
- b) volume necessary to accommodate the transmitting antenna and its required height(s) above the ground plane;
- c) size of the absorber material;
- d) separation between the antenna and EUT;
- e) separation between the EUT and antenna from the closest absorbing material;
- f) the dimensional sizes of the chamber required to give the required accuracy and uniformity of immunity field in the test area.

La taille du matériau absorbant nécessaire est fonction de l'atténuation à obtenir pour les réflexions parasites. Ce matériau, généralement de forme pyramidale pour la mousse de carbone, est efficace quand la hauteur du matériau est une fraction significative de longueur d'onde. Quand cette condition est réalisée, le matériau absorbant peut atténuer l'énergie réfléchie de 20 dB ou plus. La valeur d'atténuation augmente considérablement quand la longueur d'onde est inférieure à la hauteur du matériau pyramidal. Inversement, l'atténuation atteint un niveau très faible lorsque la hauteur de matériau absorbant en mousse de carbone est bien inférieure à une longueur d'onde. Cette dernière condition est habituellement rencontrée pour la plupart des matériaux absorbants de taille pratique (jusqu'à 1 mètre de haut en dessous de 100 MHz). L'utilisation de ces chambres absorbantes est ainsi sérieusement restreinte à ces fréquences ou à des fréquences inférieures.

La réponse des chambres absorbantes en dessous de 100 MHz peut être améliorée par une couche de tuiles de ferrite et de mousse de carbone convenablement choisie. En général, l'organisation en couches se compose de ferrites montées directement sur les murs et le plafond de la cage de Faraday (et peut-être le sol), d'une couche de matériau diélectrique, de matériau en mousse de carbone et, dans le cas d'applications au sol, d'un remplissage inerte entre les pyramides et d'un matériau mécaniquement solide et non conducteur comme plan utile porteur de charge. La ferrite produit une réduction de réflexion supplémentaire en dessous de 100 MHz (si elle est correctement choisie). À noter que ces ferrites sont des matériaux absorbants non linéaires. Il convient de caractériser l'impact sur les propriétés réfléchissantes de la chambre absorbante, en fonction de la fréquence, avant d'utiliser un tel matériau, en particulier au-dessus de 1 GHz.

3.3.2.3 Antenne émettrice

Plusieurs sortes d'antennes émettrices peuvent être utilisées pour produire le champ désiré à l'intérieur d'une cage de Faraday absorbante. Les paramètres les plus critiques pour ces antennes sont l'aptitude à supporter des puissances élevées (jusqu'à 1 kW) et l'aptitude à avoir une largeur de faisceau suffisante pour illuminer l'emplacement d'essai du matériel en essai. Si une information sur la polarisation est nécessaire, il convient d'utiliser des antennes polarisées linéairement. Les antennes typiques sont les antennes biconiques de grande puissance, les antennes log-périodiques, et les antennes cornes rectangulaires. Il convient que les antennes soient placées loin de tout matériau absorbant. Un espace libre d'au moins un mètre est conseillé.

3.3.2.4 Génération du signal

Il n'y a aucune exigence particulière pour le générateur de signal, autre que celle relative à la suppression appropriée des harmoniques et des signaux de sortie parasites du générateur de signal et de l'amplificateur de puissance, lorsque les essais d'immunité sont effectués à l'intérieur d'une cage de Faraday absorbante. Il convient que les sources de signaux soient capables de produire des niveaux, à la fois en onde entretenue et en porteuses RF modulées, compatibles avec les exigences d'entrée de l'amplificateur de puissance utilisé pour alimenter l'antenne émettrice. Le matériel en essai pouvant répondre à plusieurs fréquences sur une grande largeur de bande, il est important que les harmoniques et les signaux parasites produits par l'association du générateur de signal et de l'amplificateur de puissance soient supprimés de façon appropriée. Il convient que la suppression soit de 30 dB ou plus, par rapport au niveau de sortie à la fréquence utile et à la limite d'immunité aux fréquences égales à ces harmoniques. Il peut être nécessaire d'insérer un filtre passe-bas de forte puissance qui suit la fréquence du signal de sortie entre la sortie de l'amplificateur et l'entrée de l'antenne émettrice.

3.3.2.5 Etalonnage du champ électrique produit

L'étalonnage de la valeur du champ vise à garantir une uniformité du champ, sur l'ensemble du spécimen d'essai, suffisante pour assurer la validité des résultats d'essai.

The size of the absorber-lining material needed is a function of the amount of suppression required of the undesired reflections. Such material which is generally pyramidal in shape for carbon foam is effective when the height of the material is a significant fraction of a wavelength. When this fraction is realized, the absorbing material can attenuate the reflected energy by 20 dB or more. The attenuation values increase considerably when the wavelength is less than that of the height of the pyramidal material. Conversely, the attenuation is degraded to a very low level for carbon-foam absorber material height much less than a wavelength. This latter condition is usually the case for most practical sized absorber material (1 m or less in height below 100 MHz). Use of such absorber-lined rooms is thus seriously restricted at these frequencies or lower.

The response of absorber lined chambers under 100 MHz can be improved by a suitably chosen layer of ferrite tiles and carbon-foam material. In general, the layering consists of ferrites directly mounted on the shielded room walls and ceiling (and perhaps flooring), a layer of dielectric material, the carbon-foam material, and in case of floor applications, an inert fill between the pyramids and a mechanically strong, load-bearing, non-conductive "walk-on" material. The ferrite yields additional reflection reduction below 100 MHz (if properly selected). It should be noted that such ferrites are non-linear suppression materials. The impact on the absorber room reflective properties as a function of frequency should be characterized before using such material, especially above 1 GHz.

3.3.2.3 Transmitting antenna

There are many varieties of transmitting antennas that can be used to reproduce the desired immunity field inside an absorber-lined shielded room. The most critical parameters for such antennas are the ability to dissipate high powers (up to 1 kW) and to have a beamwidth sufficiently wide to illuminate the EUT test area. If polarization information is necessary, linearly polarized antennas should be used. Typical antennas include high power biconical, log periodic arrays and ridged rectangular horns. These antennas should stand well clear of any absorber material. At least a 1 m clearance is suggested.

3.3.2.4 Signal generation

No special signal generator requirements other than adequate suppression of signal generator and power amplifier harmonic and spurious outputs are needed when immunity tests are performed inside an absorber-lined shielded room. The signal sources should be capable of producing both CW and modulated RF carrier levels compatible with the input requirements of the power amplifier used to feed the transmit antenna. Since the EUT may respond to several frequencies over a large bandwidth, it is important that the combination of the signal generator and power amplifier adequately suppress harmonic and spurious outputs. The suppression should be 30 dB or more compared to the desired frequency output and to the immunity limit at these harmonics. A high-power low-pass filter which tracks the output signal may have to be inserted between the amplifier output and the transmitting antenna input.

3.3.2.5 Calibration of generated electric field

The purpose of field calibration is to ensure that the uniformity of the field over the test sample is sufficient to ensure the validity of the tests results.

La présente norme utilise le concept de «zone uniforme», plan vertical hypothétique du champ dans lequel des variations minimales sont acceptables. Cette zone uniforme mesure 1,5 m × 1,5 m, à moins qu'il soit possible d'illuminer complètement le matériel en essai et ses câbles dans une surface plus réduite. Dans la disposition d'essai, la face avant du matériel en essai coïncide avec ce plan.

Etant donné qu'il est impossible de créer un champ uniforme à proximité d'un plan de masse de référence, la zone étalonnée est établie à une hauteur minimale de 0,8 m au-dessus du plan de masse de référence et, dans la mesure du possible, le matériel en essai est placé à cette hauteur.

Afin d'établir la sévérité de l'essai pratiqué sur les matériels en essai et les câbles devant être soumis à des essais à proximité du plan de masse de référence ou présentant des faces dépassant 1,5 m × 1,5 m, on indique dans le rapport d'essai l'intensité du champ enregistré à une hauteur de 0,4 m et pour toute la largeur et la hauteur du matériel en essai.

Les antennes et les câbles utilisés pour établir la valeur de champ étalonnée doivent être utilisés pour les essais. Etant donné que des antennes et des câbles identiques sont utilisés, les pertes dues aux câbles ainsi que les facteurs d'antenne des antennes génératrices de champ ne sont pas pris en compte.

La position exacte de l'antenne génératrice doit être enregistrée. Etant donné que des déplacements, même mineurs, affectent le champ de façon significative, il faut utiliser un placement identique pour les essais.

NOTE Il convient d'établir la zone du champ uniforme à 3 V/m au moyen d'un signal RF non modulé. L'utilisation d'un signal non modulé garantit que les dispositifs de mesure de champ fournissent des indications correctes.

3.3.2.6 Contrôleurs de performances

A partir du plan d'essai, il convient d'associer différents capteurs au matériel en essai, capables d'enregistrer un signal analogique ou numérique qui indiquera la dégradation des performances. Il convient que ces capteurs et les câbles qui les relient à l'extérieur de la cage de Faraday absorbante n'affectent pas les performances ou l'immunité du matériel en essai, ni ne soient perturbés par le champ appliqué ou par la présence d'un revêtement absorbant. Dans certains cas, la dégradation des performances des câbles entre le matériel en essai et son matériel auxiliaire à l'extérieur de la cage de Faraday absorbante peut être contrôlée. Dans ce cas, les contrôleurs de dégradation n'ont pas besoin d'être immunisés contre l'énergie RF rayonnée. Il convient cependant qu'ils soient immunisés contre tout courant RF conduit sur les fils extérieurs à la chambre. Si une dégradation visuelle des performances est nécessaire, on peut utiliser un panneau vitré offrant une visibilité suffisante, placé sur la paroi de la cage de Faraday ou un système de télévision à circuit fermé. Il convient de couvrir le panneau avec un matériau de blindage, par exemple un treillis en fil métallique enrobé dans du verre ou un matériau conducteur transparent appliqué à la surface du verre. Il convient de placer la caméra de télévision entre deux pointes pyramidales en mousse de carbone contiguës, à un endroit de la pièce qui n'intercepte pas un signal réfléchi important du matériel en essai. Une dégradation audio peut se mesurer par des boîtiers de couplage acoustiques ou en surveillant la modulation audio retrouvée dans la porteuse RF modulée en amplitude.

3.3.2.7 Installation de mesure de l'immunité

3.3.2.7.1 Le matériel en essai est disposé au centre de l'aire d'essai de la cage de Faraday absorbante. Un champ d'essai uniforme pour les petits matériels, par exemple ceux dont les dimensions linéaires sont inférieures à une longueur d'onde, est obtenu quand la distance par rapport à l'antenne est supérieure à une longueur d'onde. Le champ devient complexe pour des distances de moins d'une longueur d'onde. Pour des matériels plus grands, c'est-à-dire les matériels en essai dont les dimensions sont supérieures à une longueur d'onde, il convient d'éloigner l'antenne d'une distance égale à la plus grande dimension linéaire du matériel en essai en mètres élevée au carré et divisée par la longueur d'onde du signal pour l'essai d'immunité. Si les mesures sont effectuées à des distances plus proches, l'antenne réceptrice sera dans la zone de champ proche complexe. Cette complexité doit être prise en compte lors de ces essais afin d'assurer la répétabilité et l'estimation pour un champ éloigné à partir de telles données en champ proche.

This standard uses the concept of a "uniform area" which is a hypothetical vertical plane of the field in which variations are acceptably small. This uniform area is 1,5 m × 1,5 m, unless the EUT and its leads can be fully illuminated within a smaller surface. In the test arrangement, the EUT will have its front face coincident with this plane.

Because it is impossible to establish a uniform field close to an earth reference plane, the calibrated area is established at a height no closer than 0,8 m above the earth reference plane and where possible the EUT is located at this height.

In order to establish the severity of the test for EUTs and wires which must be tested close to the earth reference plane or which have larger sides than 1,5 m × 1,5 m, the intensity of the field is also recorded at 0,4 m height and for the full width and height of the EUT, and reported in the test report.

The antennas and cables which have been used to establish the calibrated field shall be used for the testing. Since the same antennas and cables are used, the cable losses and antenna factors of the field generating antennas are not relevant.

The exact position of the generating antenna shall be recorded. Since even small displacements will significantly affect the field, the identical placement must be used for testing.

NOTE The area of the uniform field should be established at 3 V/m by an unmodulated RF signal. Use of an unmodulated signal assures proper indication of any field intensity measuring device.

3.3.2.6 Performance monitors

Based on the test plan, various sensors should be attached to the EUT to be able to record an analogue or digital signal, which will indicate performance degradation. These sensors and the leads extending outside the absorber-lined shielded room should not affect the performance or immunity of the EUT nor become uncalibrated by the applied immunity field or the presence of the absorber lining. In some cases, the leads from the EUT to the EUT support equipment outside the absorber-lined shielded room can be monitored for performance degradation. The degradation monitors in this case do not have to be immune to the radiated RF energy. They should, however, be immune to any conducted RF currents on the leads outside the room. If visual performance degradation is required, a suitable clear window panel on the shielded room wall or closed circuit television system can be used. The panel area should be converted with an integral shielding material, i.e. wire mesh embedded in glass or conductive transparent material applied to the glass surface. The TV camera should be located embedded inside adjacent pyramidal tips of the carbon-foam material in a position within the room that does not intercept a major reflected EUT signal. Audio degradation can be measured via acoustic couplers or by monitoring the recovered audio modulation of the amplitude modulated RF immunity signal carrier.

3.3.2.7 Immunity measurement set-up

3.3.2.7.1 The EUT is set in the centre of the test zone of the absorber-lined shielded room. A uniform test field for small products, that is, the EUT linear dimensions are less than a wavelength, is obtained when the antenna separation is greater than a wavelength away. The field becomes complex for separations closer than a wavelength. For larger products, i.e., where the EUT dimensions are greater than a wavelength, the antenna should be separated by a distance equal to the largest linear dimension of the EUT in metres squared divided by the wavelength of the immunity signal. If measurements are made at closer separations, the receive antenna will be in the complex near field zone. This complexity must be accounted for in such tests to assure repeatability and the prediction of the far field from such near field data.

3.3.2.7.2 Les contrôleurs de performances sont reliés au matériel en essai comme requis dans le plan d'essai. Il convient que les capteurs de champ, s'ils sont utilisés, soient placés de façon à contrôler le champ ou le mettre à niveau uniquement si le champ recréé a été mesuré à l'emplacement réel du produit lorsqu'il est utilisé par un consommateur. Il convient qu'aucune connexion ne soit affectée par le champ ou le matériau absorbant et que les performances du matériel en essai ne soient pas modifiées.

3.3.2.7.3 Il convient que l'antenne émettrice soit montée sur un positionneur d'antenne capable de faire varier la polarisation, la hauteur et l'emplacement de l'antenne par rapport au plan de masse et au matériel en essai. Il convient de maintenir les antennes à largeur de faisceau réduite pointées en direction du matériel en essai lorsqu'elles sont élevées et abaissées.

3.3.2.7.4 Il convient de prendre des dispositions afin de surveiller et d'enregistrer les différentes dégradations des performances spécifiées dans le plan d'essai. Il est fortement conseillé, dans la mesure du possible, qu'une surveillance visuelle ou auditive subjective par un opérateur chargé de l'essai soit remplacée par un contrôle objectif du matériel en essai, en tension ou en courant, analogique ou numérique. La technique de surveillance électrique minimise les erreurs d'un opérateur dues à la nature pénible et à la longueur du cycle d'essai de la mesure de l'immunité.

3.3.2.8 Procédure d'essai de l'immunité

Les procédures d'essai pour mesurer l'immunité à l'intérieur d'une cage de Faraday absorbante sont généralement identiques à celles d'une cage de Faraday classique. L'interaction de tous les signaux réfléchis normalement présents dans une cage de Faraday revêtue d'un absorbant étant ici nettement inférieure, les mesures dans une chambre absorbante offrent une précision et une répétabilité plus grandes. Dans les deux cas, il convient que le personnel chargé de l'essai et l'ensemble des instruments (amplificateur, source de signal, etc.) se trouvent à l'extérieur de la pièce.

La procédure générale d'essai comprend les points suivants:

- a) établir le champ de perturbation étalonné, la polarisation et la modulation (si nécessaire);
- b) configurer et faire fonctionner le matériel en essai dans les conditions normales, et orienter le matériel en essai afin de rendre maximale sa réponse;
- c) faire varier la limite du signal émis à chaque fréquence afin de mesurer le niveau auquel les dégradations se produisent ou au niveau d'immunité spécifié le plus faible des deux;
- d) balayer la gamme de fréquences contenue dans le plan d'essai afin de réaliser le profil d'immunité du matériel en essai ou de déterminer la conformité en «bon/mauvais»;
- e) enregistrer la dégradation des performances et les niveaux de champs associés en fonction de la fréquence et d'autres paramètres d'essai.

3.3.3 Mesure utilisant un emplacement d'essai en espace libre (OATS)

3.3.3.1 Introduction

Les niveaux de champ rayonné pour les mesures d'immunité sont par leur nature même significativement plus élevés que les niveaux d'émission rayonnée réglementés par les gouvernements nationaux. Les niveaux d'essai types de nombreux matériels sont supérieurs à 1 V/m. Pour certains systèmes de matériels en essai et gros matériels électroniques isolés, la nécessité d'illuminer la totalité du matériel en essai nécessite une grande puissance, une antenne émettrice à faisceau large et efficace, et un emplacement d'essai de grande dimension. Les exigences en matière de puissance et d'antenne sont généralement indépendantes du type de dispositif d'essai utilisé. Dans certains cas, un grand matériel en essai n'est pas complètement fonctionnel avant que tous ses éléments ne soient assemblés *in situ* dans les locaux de l'utilisateur ou sur un emplacement d'essai de très grande taille. Un emplacement d'essai de ce genre est du même type que l'emplacement d'essai en espace libre utilisé pour mesurer les émissions rayonnées. Ces emplacements sont utilisés dans toute la gamme de fréquences et sont particulièrement utilisables au-delà de 30 MHz, moyennant les restrictions sévères citées en 3.3.3.3.

3.3.2.7.2 Performance monitors are attached to the EUT as required in the test plan. Field strength sensors, if used, should be placed to monitor or provide field levelling only if the field that is being recreated was so measured at the actual product location when used by a customer. All connections should not be affected by the field or absorber material nor change the performance of the EUT.

3.3.2.7.3 The transmitting antenna should be mounted on an antenna positioner capable of varying the polarization, height and location of the antenna with respect to the ground plane and EUT. Narrow beamwidth antennas should be kept pointed at the EUT as they are raised and lowered.

3.3.2.7.4 Provisions should be made to monitor and record the various performance degradations specified in the test plan. It is strongly suggested where possible that subjective visual or aural monitoring by a test operator be replaced with objective analogue or digital voltage or current EUT response. This electrical monitoring technique minimizes tester errors that result due to the tedious and lengthy test cycle nature of immunity measurements.

3.3.2.8 Immunity test procedure

The test procedures for immunity measurements inside absorber-lined shielded rooms are generally the same as those inside a regular shielded room. Since the interaction of all the reflected signals normally present in an absorber-lined shielded room are much less, absorber-lined room measurements are more accurate and repeatable. In both cases, the test personnel and test instrumentation (amplifier, signal source, etc.) should be located outside the room.

The general test procedure includes the following:

- a) establish the calibrated disturbance field strength, polarization and modulation (if any is required);
- b) configure and operate the EUT as typically used and orient the EUT to maximize its immunity response;
- c) vary the transmitted signal limit at each frequency to measure the level at which degradation occurs or at the specified immunity level, whichever is lower;
- d) scan the frequency range contained in the test plan to complete the EUT immunity profile or to determine go/no-go compliance;
- e) record the performance degradation and the associated field strength levels as a function of frequency and the other test parameters.

3.3.3 Measurements using an open area test site (OATS)

3.3.3.1 Introduction

Radiated immunity field strength levels are by their very nature significantly higher than radiated emission levels normally regulated by national governments. Typical test levels for much equipment are in excess of 1 V/m. For some EUT systems and large stand-alone electronic equipment, the need to illuminate the entire EUT requires high power, an efficient and wide beamwidth transmitting antenna, and a large test area. The power and antenna requirements are generally independent of the type of test facility used. In some cases the large EUT is not completely functional until all its parts are assembled on site at the user's premises or at a test site that is quite large. One such test site is the same open area test site used for radiated emission measurements. These sites are useful over the full frequency range and have particular applicability above 30 MHz subject to the severe restrictions stated in 3.3.3.3.

3.3.3.2 Exigences relatives à l'emplacement d'essai

Un emplacement d'essai en espace ouvert pour l'immunité, répondant aux mêmes exigences que l'emplacement d'essai en espace ouvert spécifié dans la CISPR 16-1 est physiquement apte pour des essais d'immunité. D'autres emplacements peuvent être utilisés tant que la valeur du champ électrique dans le volume occupé par le matériel en essai varie dans les limites de tolérance spécifiées. Ceci peut nécessiter que l'antenne émettrice soit placée sur un positionneur d'antenne afin de modifier la hauteur d'antenne et, dans certains cas, la polarisation, au-dessus du plan de masse et de l'emplacement de l'antenne. Lors d'une modification de la hauteur de l'antenne, il faut maintenir les antennes à largeur de faisceau réduite pointées en direction du matériel en essai. La modification de hauteur peut servir à régler l'addition des signaux directs et réfléchis sur le plan de masse, de sorte qu'un champ uniforme spécifié se trouve dans le volume du matériel en essai quand la fréquence varie. Ces exigences s'appliquent seulement à la gamme de fréquences spécifiée dans le plan d'essai. L'utilisation d'un matériau absorbant peut être nécessaire sur la plan de masse afin de respecter l'exigence relative à l'uniformité de champ.

3.3.3.3 Brouillage des services radioélectriques

La capacité de provoquer des brouillages aux services radioélectriques autorisés à l'intérieur ou près des emplacements d'essai d'immunité en espace ouvert, est généralement due à l'amplitude du signal utilisé pour les essais d'immunité. Il convient d'apporter extrêmement de soin pour être sûr que la génération du champ d'essai ne gêne pas de tels réseaux RF, notamment dans les différentes bandes de fréquences des services de sécurité. Il convient de générer des champs qui ne soient pas supérieurs à ce qui est nécessaire pour effectuer des mesures à la limite spécifiée ou pour enregistrer une dégradation des performances du matériel en essai en dessous de cette limite. Si l'on utilise des champs plus élevés, il convient de les appliquer pendant une durée très brève.

Il se peut que certaines bandes de fréquences aient une capacité de brouillage très réduite. Par exemple, des fréquences dans les bandes ISM sont susceptibles de ne pas être affectées par ces mesures. Dans certaines régions, il peut être nécessaire d'obtenir une autorisation pour expérimentation radioélectrique auprès des autorités nationales. Il convient que l'autorisation précise les fréquences spécifiques, l'heure et la durée de fonctionnement des émissions pour les essais d'immunité. Généralement les autorisations ne sont pas accordées pour les fréquences utilisées pour les services de sécurité publique, pour la radiodiffusion privée, pour les chaînes gouvernementales, pour la radiodiffusion des étalons d'heure et de fréquence, etc. L'utilisation de fréquences ISM et autres fréquences à usage industriel a généralement plus de chance d'être acceptée. A noter, cependant, que ces fréquences acceptées peuvent être tellement espacées que la véritable réponse d'immunité ne sera pas complètement décrite.

Dans des conditions de champ lointain, le champ ambiant E est donné par la formule suivante:

$$E = 2 \times 7 \frac{[PG]^{1/2}}{d} = 14 \frac{U}{d} \left[\frac{G}{R} \right]^{1/2}$$

où

U est la tension d'entrée de l'antenne rayonnante accordée, de résistance R ;

d est la distance entre l'antenne et l'emplacement possible d'un récepteur radio sensible;

G est le gain de l'antenne, par rapport à un dipôle de demi-onde.

Le facteur 2, avec une précision de 1,5 dB, tient compte de l'effet de réflexion totale du plan de masse si la hauteur de l'antenne émettrice est ajustée pour une valeur de champ maximale. Dans le cas d'une antenne émettrice polarisée verticalement, il se peut que le champ effectif résultant du champ direct et du champ réfléchi ne soit pas un champ à polarisation linéaire verticale.

3.3.3.2 Measurement site requirements

The open area immunity test site (OAITS) that meets the same requirements for the open area test site (OATS) specified in clause 16 of CISPR 16-1 are physically suitable for immunity tests. Other sites may be used as long as the electric field strength in the volume occupied by the EUT does not vary by more than the specified tolerance. This may require that the transmitting antenna be located on an antenna positioner to change the antenna height and in some cases, polarization, above the ground plane and antenna location. In changing the antenna height, narrow beam-width antennas must be kept pointed towards the EUT. Height change would be used to adjust the addition of the direct signal and then reflected from the ground screen so that a specified uniform field is found in the EUT volume as frequency varies. These requirements need only hold for the frequency range specified in the test plan. Absorber material may be required on the ground plane to meet the field uniformity requirement.

3.3.3.3 Interference to radio services

The potential for causing interference to licensed radio-frequency services in or near the OAITS is generally high due to the very magnitude of the immunity signal. Extreme care should be taken to ensure that the generation of the test field does not adversely affect such RF services, especially in the various safety bands. Fields no higher than needed to measure to the specification limit or to record an EUT performance degradation below that limit should be generated. If generated, they should be applied for very brief time intervals.

There may be certain frequency bands where the interference potential is significantly reduced. For example, ISM band frequencies are likely to be unaffected by such measurements. In some administrations it may be required to secure an experimental radio license from the national authority. The license would detail specific frequencies, time of operation, and length of operation for the immunity RF field strength transmission. Generally, experimental licenses for frequencies used for public radio emergency services, commercial broadcast, government channels, standard time and frequency broadcasts, etc. are not granted. Use of ISM frequencies and other industrial use frequencies are generally more likely to be approved. Note, however, that these approval frequencies may be so spaced apart that the true immunity response will not be completely described.

Under far-fielded conditions the ambient interfacing field E is given by:

$$E = 2 \times 7 \frac{[PG]^{1/2}}{d} = 14 \frac{U}{d} \left[\frac{G}{R} \right]^{1/2}$$

where

U is the input voltage at the tuned radiating antenna with resistance R ;

d is the distance between antenna and the location where a sensitive radio receptor may be located;

G is the gain of the antenna with respect to a half-wave dipole.

The factor 2, with an accuracy of 1,5 dB, implies the effect of the total reflection at the ground plane if the height of the transmit antenna is adjusted for maximum field strength. In the case of a vertically polarized transmit antenna, the effective field resulting from the direct and from the reflected field may not be a vertically linearly polarized field.

3.3.3.4 Procédures de mesure

3.3.3.4.1 Généralités

A la base, les procédures de mesure de l'immunité sont identiques à celles effectuées dans un emplacement d'essai clos, tel qu'une cellule TEM ou une cage de Faraday (revêtue d'absorbant ou non). Dans le cas d'une cellule TEM, le signal est appliqué entre le conducteur central et l'enveloppe extérieure; dans les emplacements d'essai d'immunité en espace ouvert et autres cages de Faraday usuelles, le signal pour les essais d'immunité est injecté vers une antenne émettrice.

3.3.3.5 Installation de mesure utilisant l'emplacement d'essai en espace libre

3.3.3.5.1 Généralités

La puissance nécessaire pour établir la valeur d'un champ pour les essais d'immunité est importante. Plus le matériel en essai est près de l'antenne, moins il y a besoin de puissance. La plupart des mesures dans les emplacements d'essai d'immunité en espace ouvert sont effectuées avec des distances entre le matériel en essai et l'antenne inférieures à 3 m. Pour de grands matériels en essai, la distance doit être augmentée de façon que l'antenne puisse illuminer complètement le matériel en essai. Le coût et la disponibilité d'un amplificateur de puissance dans la gamme de fréquences jusqu'à 1000 MHz limitent généralement les essais des gros systèmes. Dans certains cas, on lui substitue l'essai des composants ou l'essai partiel du matériel et des jugements concernant l'immunité globale du grand système en essai.

Section 4: Mesure automatisée

4.1 Mesure automatisée

(A l'étude)

Section 5: Facteurs influençant la précision de mesure

5.1 Facteurs influençant la précision de mesure

Des erreurs de mesure peuvent survenir en raison des facteurs suivants:

- défaut d'adaptation (voir 2.2.1);
- rapport signal sur bruit insuffisant;
- erreurs instrumentales et erreurs d'affichage;
- effets de surcharge et d'intermodulation du récepteur de mesure;
- précision de l'étalonnage des matériels auxiliaires;
- présence de brouillage extérieur.

Au cours des mesures effectuées en présence d'un brouillage extérieur, on ne doit pas utiliser de gammes de plus grande sensibilité, qui ne respectent pas les exigences de la CISPR 16-1 de la présente publication, relatives au rapport d'ondes stationnaires et aux caractéristiques de surcharge et qu'il convient d'indiquer comme telles. S'il est nécessaire d'effectuer des mesures dans ces gammes, en plus d'une vérification de la surcharge, on doit mesurer la tension de brouillage extérieur engendrée par le bruit du récepteur de mesure tandis que le matériel à mesurer est hors tension.

3.3.3.4 Measurement procedures

3.3.3.4.1 General

Basically, the immunity measurement procedures are the same as those for measurements made using any enclosed test site such as a TEM cell or shielded (absorber-lined or not) room. In the case of the TEM cell the signal is applied between the centre conductor and the outer shell; in the OAITS and other more common shielded enclosures, the immunity signal is fed to a transmitting antenna.

3.3.3.5 Measurement set-up using the open area test site

3.3.3.5.1 General

The power required to establish an immunity field strength is not small. Hence the closer the EUT is to the antenna, the less power required. Most OAITS measurements are performed using EUT/antenna separation distances less than 3 m. For large EUTs, this distance must be increased so that the antenna can illuminate the entire EUT. Power amplifier expense and availability over the frequency range up to 1000 MHz usually limit large system testing. Component or partial EUT testing is substituted in some cases and judgements made as to the overall large system EUT immunity.

Section 4: Automated measurements

4.1 Automated measurements

(Under consideration)

Section 5: Factors influencing measurement accuracy

5.1 Factors influencing measurement accuracy

Measurement errors can occur due to the following:

- mismatch (see 2.2.1);
- insufficient signal-to-noise ratio;
- meter and display errors;
- overload and intermodulation effects of the measuring receiver;
- calibration accuracy of ancillary equipment;
- presence of extraneous interference.

During measurements in the presence of extraneous interference, ranges of higher sensitivity, which do not comply with the requirements of CISPR 16-1 of this standard with respect to the standing wave ratio and overloading characteristics and which should be marked accordingly, shall not be used. If measurements have to be carried out in these ranges, besides checking for overloading, the extraneous interference voltage superimposed by the noise of the measurement receiver shall be measured when the test object is switched off.

Au cours des mesures effectuées à l'emplacement de l'installation, il est recommandé de surveiller le signal basse fréquence du récepteur de mesure de perturbation radioélectrique afin d'établir la distinction entre le brouillage extérieur et le signal à mesurer.

5.1.1 Précision de mesure

L'erreur au niveau des tensions sinusoïdales à l'entrée du récepteur ne doit pas dépasser ± 2 dB. Les matériels auxiliaires introduisent des erreurs supplémentaires. (Des méthodes permettant d'analyser l'incertitude de mesure globale sont à l'étude.)

5.1.2 Procédure permettant d'éviter les signaux et effets extérieurs

- a) Niveau maximal autorisé de signaux extérieurs (voir 2.3.1). L'erreur de mesure due au brouillage extérieur doit être inférieure à 1 dB. Cette exigence est respectée si le brouillage extérieur, mesuré tandis que le matériel en essai à mesurer est hors tension, est inférieur de 20 dB à la tension de perturbation radioélectrique, ou bien n'est pas mesurable.
- b) Mesures de filtrage et de blindage. Afin d'éviter le brouillage extérieur, les mesures de la tension de perturbation radioélectrique peuvent être effectuées à l'intérieur de chambres blindées et en utilisant un filtre supplémentaire de découplage d'alimentation (si nécessaire avec un transformateur d'isolement), (voir également 2.3.1). Si le brouillage extérieur (également bruit de mesure reçu) ne peut être réduit au rapport signal sur bruit requis, égal à 20 dB, la mesure des tensions de brouillage extérieur doit être enregistrée dans le rapport d'essai.
- c) Contrôle de surcharge et d'intermodulation. Dans le cas de perturbations radioélectriques générées par des impulsions, il est possible que des erreurs de mesure surviennent en raison de la surcharge du matériel de mesure. La surcharge est mise en évidence par l'indication de la variable mesurée, qui est inférieure à la valeur réelle.

La surcharge n'est pas significative si l'affichage indique une diminution inférieure à 1 dB lorsque l'atténuateur de tension d'entrée présente une réduction d'au moins 10 dB et si le gain en fréquence intermédiaire global diminue de la même valeur après l'amplificateur en fréquence intermédiaire. Si la lecture présente une diminution supérieure à 1 dB, cela signifie qu'une intermodulation s'est produite ou que le rapport signal sur bruit est insuffisant.

Ce contrôle ne s'applique pas aux récepteurs de mesure de perturbation comportant une protection de surcharge à commande automatique.

During measurements at the place of installation, it is recommended to monitor the AF signal of the radio interference measurement receiver in order to distinguish between extraneous interferences and the signal to be measured.

5.1.1 Accuracy of measurements

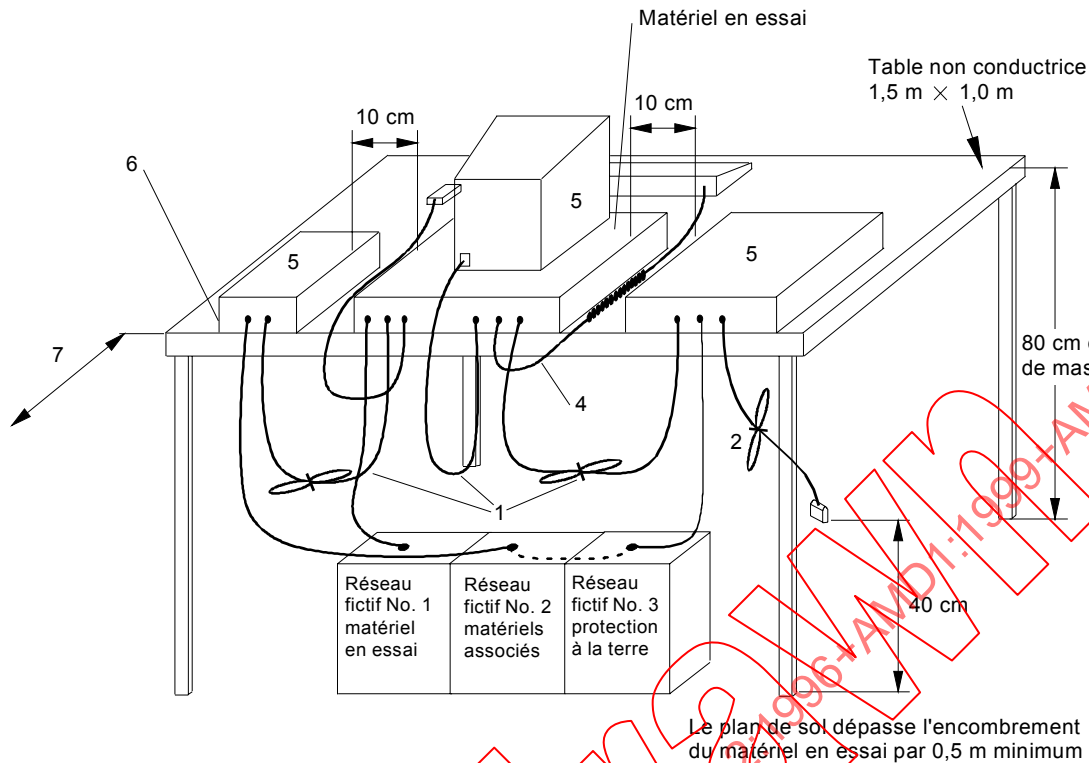
The error for sinusoidal voltages at the receiver input shall not exceed ± 2 dB. Additional errors are introduced by ancillary equipment. (Methods to analyze overall measurement uncertainty are under consideration.)

5.1.2 Avoidance of extraneous signals and effects

- a) Maximum permitted level of extraneous signals (see 2.3.1). The measurement error due to extraneous interference shall be less than 1 dB. This requirement has been fulfilled if extraneous interference, measured when the test object is switched off, is 20 dB below the radio interference voltage to be measured, or is not measurable.
- b) Filtering and shielding measures. In order to avoid extraneous interference, radio interference voltage measurements can be carried out in screened rooms and with additional mains decoupling filter (if necessary with an isolating transformer) (see also 2.3.1). If the extraneous interference (also noise of the measurement receiver) cannot be reduced to the required signal-to-noise ratio of 20 dB, the extent of the extraneous interference voltages shall be recorded in the testing report.
- c) Overload and intermodulation check. In the case of radio interference caused by pulses, measurement errors may arise due to overload of the measurement device. Overloading is made evident by an indication of the measured variable which is lower than the true value.

Overloading is insignificant if the display drops by less than 1 dB when the input voltage attenuator is reduced by a minimum of 10 dB and if the complete i.f. gain is reduced by the same amount after the i.f. amplifier. If the reading drops by more than 1 dB, intermodulation has occurred or there was an insufficient signal-to-noise ratio.

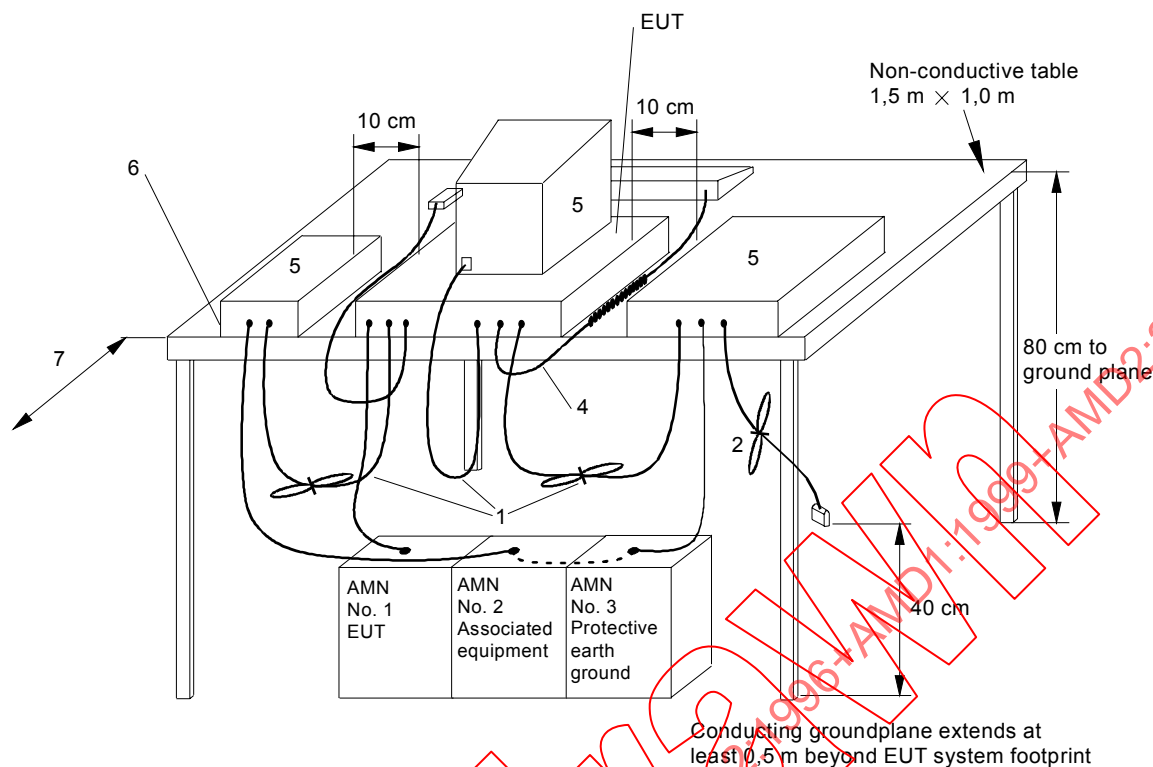
This check is not relevant for interference measurement receivers with automatically controlled overload protection.



IEC 740/96

1. Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de sol doivent être repliés plusieurs fois sur eux-même pour former un faisceau de 30 cm à 40 cm de long pendant approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan de sol de la table.
2. Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un périphérique doivent être mis en faisceau en leur milieu. L'extrémité du câble doit être chargée par l'impédance appropriée. La longueur totale ne doit pas dépasser 1 m.
3. Le matériel en essai est raccordé au réseau fictif n° 1. Les bornes de mesure des réseaux fictifs doivent être chargées par des impédances de 50 Ω . Les réseaux fictifs doivent être placés directement sur le plan de sol horizontal et à 40 cm du plan de sol vertical.
 - 3.1 Tous les matériels associés sont connectés au réseau fictif n° 2.
 - 3.2 Les fils de protection à la terre (vert/jaune) du matériel associé sont connectés au réseau fictif n° 3.
4. Les câbles des dispositifs utilisés à la main comme les claviers, souris, etc., doivent être placés aussi près que possible de leur matériel.
5. Eléments essayés sans faire partie du matériel en essai.
6. L'arrière du matériel en essai, périphériques compris, doit être aligné au droit du bord supérieur de la table.
7. L'arrière du bord supérieur de la table doit être placé à 40 cm d'un plan conducteur vertical relié électriquement au plan de sol.

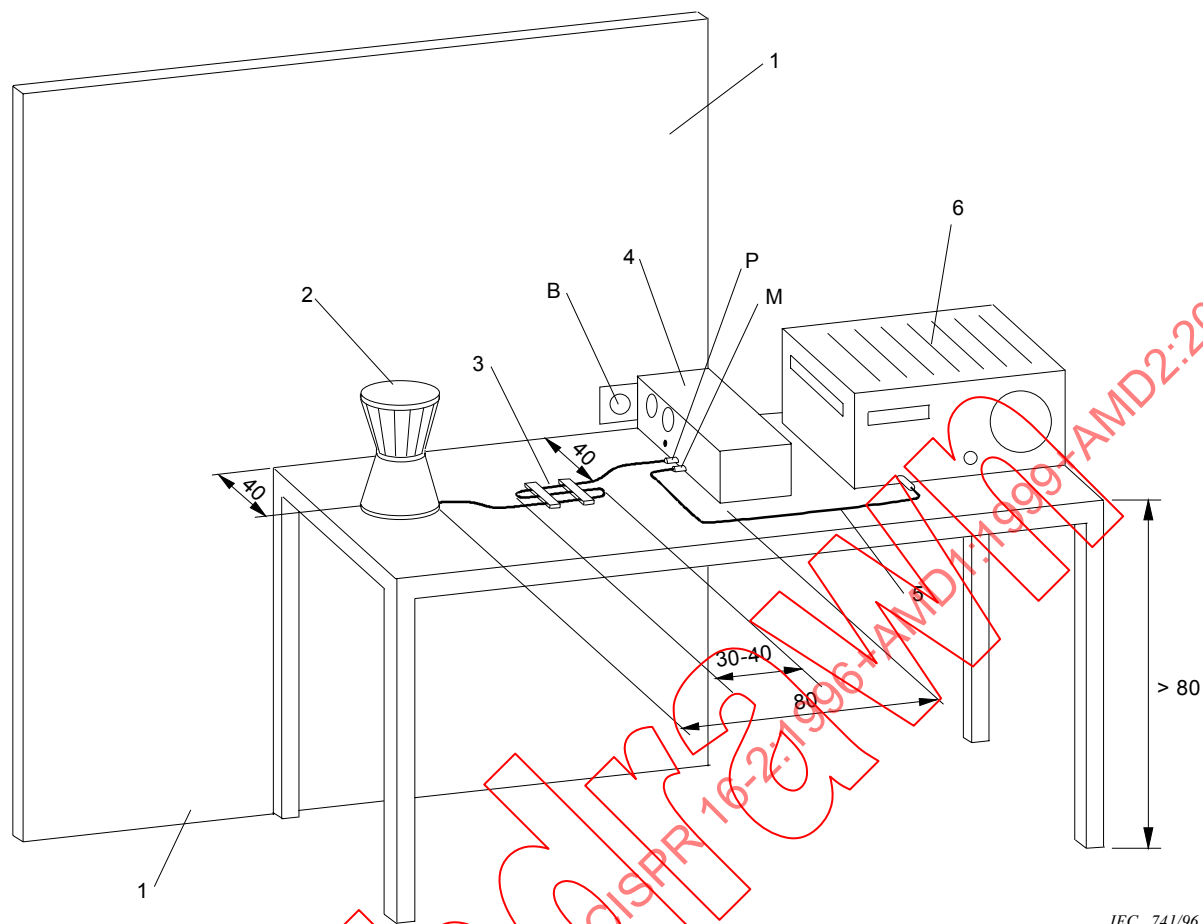
Figure 1 – Montage d'essai: Matériel sur table pour la mesure des perturbations conduites par l'alimentation réseau (voir 2.4.4.1 et 2.4.4.2)



IEC 740/96

- 1 Interconnecting cables that hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 30 cm to 40 cm long, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table.
- 2 I/O cables that are connected to a peripheral shall be bundled in the centre. The end of the cable may be terminated if required using correct terminating impedance. The total length shall not exceed 1 m.
- 3 EUT is connected to AMN No. 1. Measurement terminals of AMNs must be terminated with 50 Ω . AMNs are placed directly on horizontal ground plane and 40 cm from vertical ground plane.
 - 3.1 All associated equipment is connected to AMN No. 2.
 - 3.2 Protective earth ground wires (green/yellow) from associated equipment are connected to AMN No. 3.
- 4 Cables of hand-operated devices, such as keyboards, mice, etc. shall be placed as close as possible to the host.
- 5 Non-EUT components being tested.
- 6 Rear of EUT, including peripherals, shall all be aligned and flush with rear of table top.
- 7 Rear of table top shall be 40 cm removed from a vertical conducting plane that is bonded to the floor ground plane.

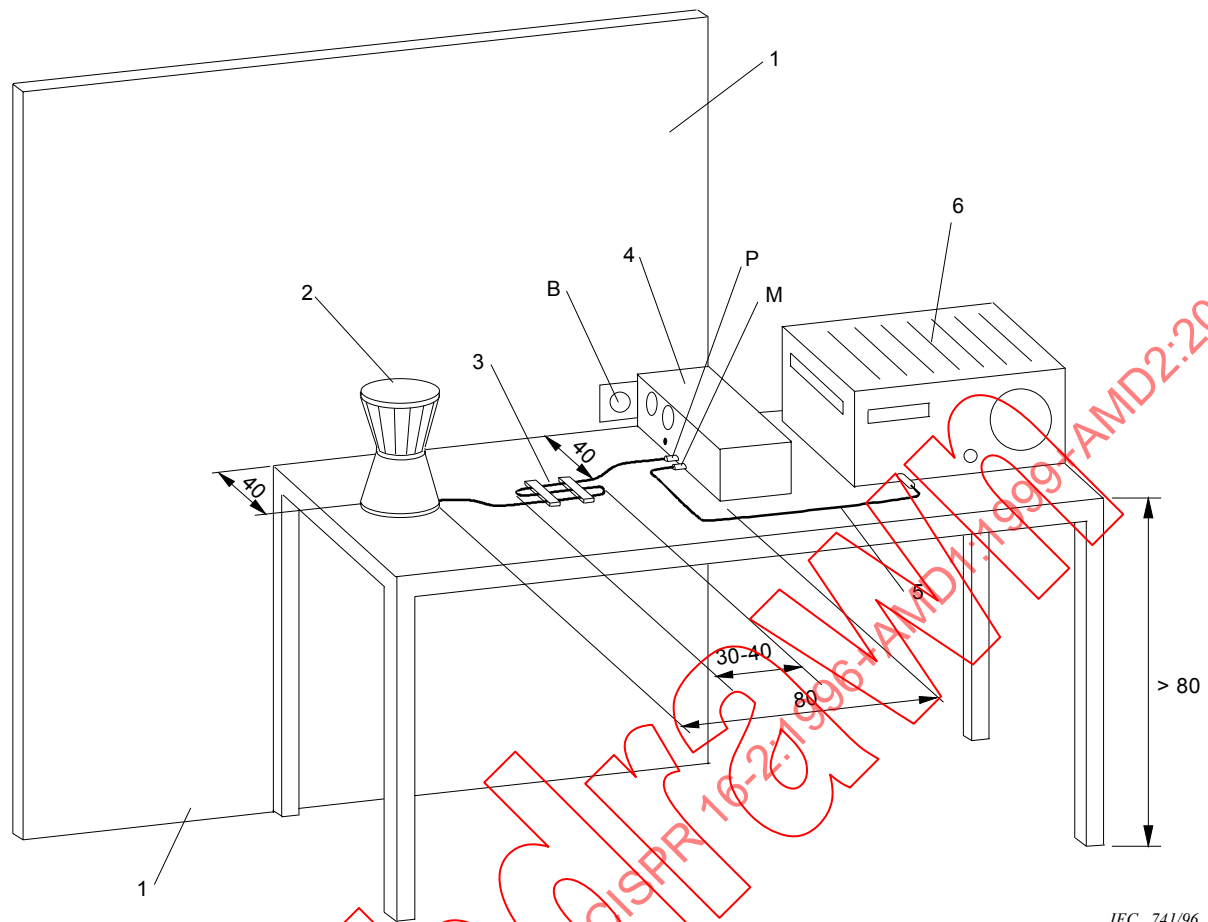
Figure 1 – Test configuration: table-top equipment for conducted disturbance measurements on power mains (see 2.4.4.1 and 2.4.4.2)



IEC 741/96

- 1 Paroi métallique de 2 m × 2 m
- 2 Matériel en essai
- 3 Longueur de câble d'alimentation en excédent (3 cm × 40 cm) (replié plusieurs fois sur lui-même)
- 4 Réseau fictif en V
- 5 Câble coaxial
- 6 Récepteur de mesure
- B Connexion de terre de référence
- M Entrée du récepteur de mesure
- P Alimentation du matériel en essai

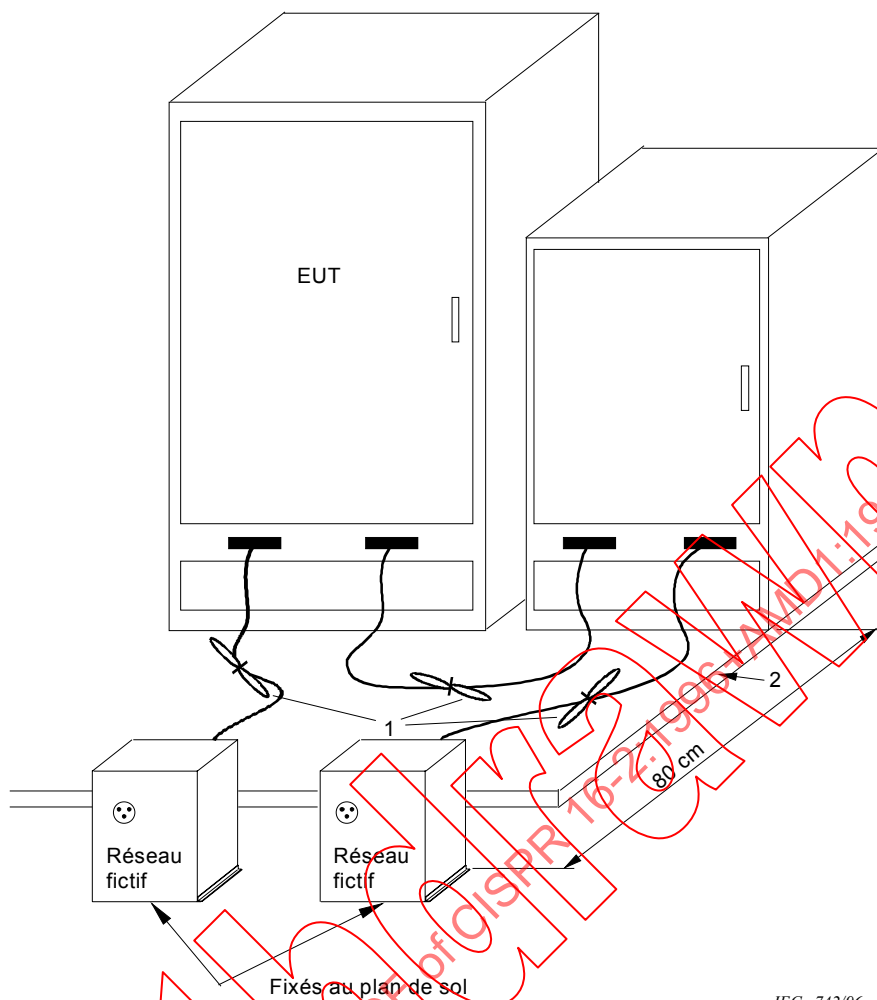
Figure 2 – Variante de montage d'essai pour un matériel en essai doté d'un seul câble d'alimentation (voir 2.4.4.1)



IEC 741/96

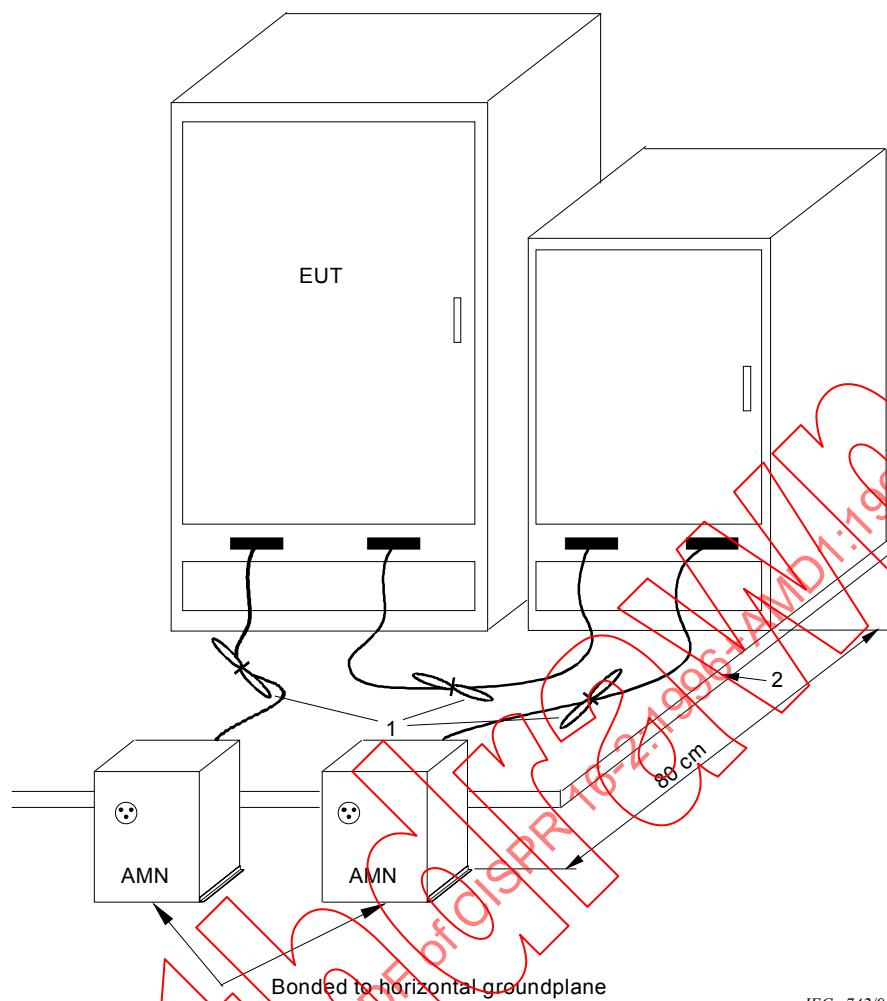
- 1 Metallic wall 2 m × 2 m
- 2 EUT
- 3 Excess power cord (3 cm × 40 cm) (folded back and forth)
- 4 "V" mains network
- 5 Coaxial cable
- 6 Measuring receiver
- B Reference ground connection
- M Measuring receiver input
- P Power to EUT

Figure 2 – Optional test configuration for an EUT with only a power cord attached
(see 2.4.4.1)



- 1 Les parties de câbles en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
 - 2 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 12 mm) du plan de sol.
 - 3 Le matériel en essai est connecté à un réseau fictif. Celui-ci est placé sur le dessus ou immédiatement en dessous du plan de sol.
- Tous les autres matériels sont alimentés à travers le deuxième réseau fictif.

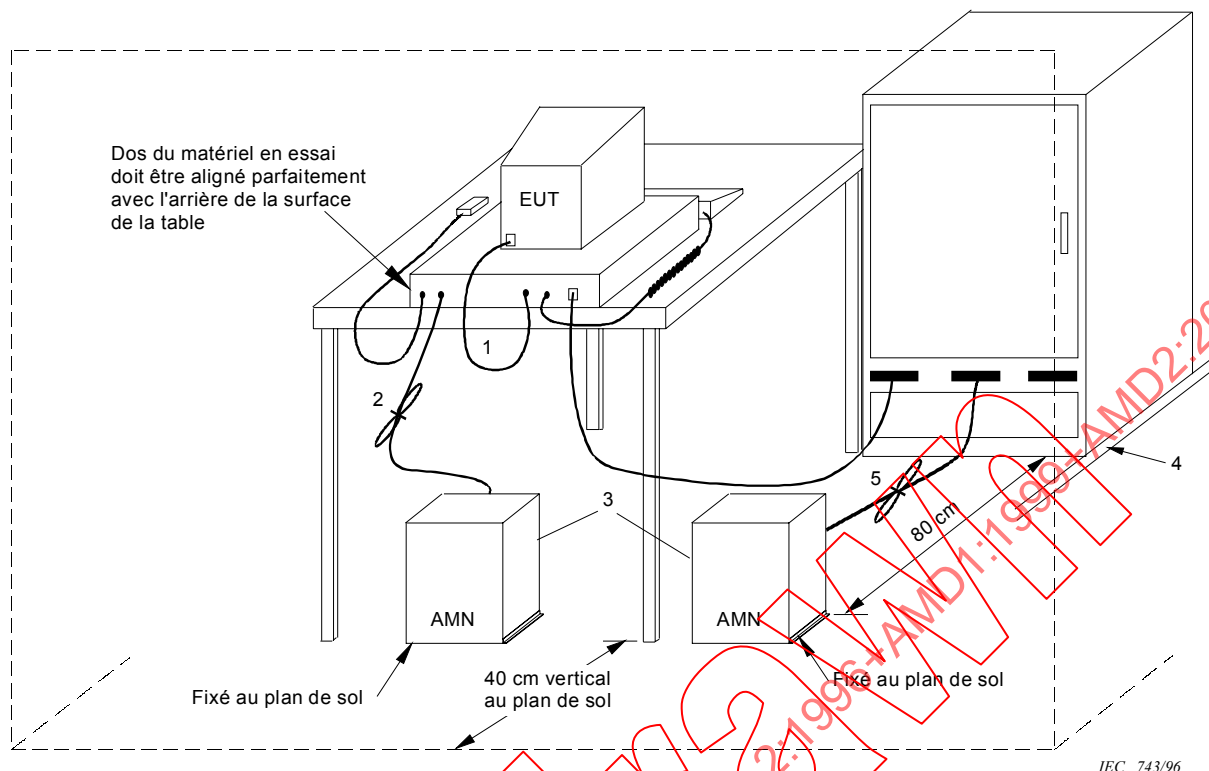
Figure 3 – Montage d'essai pour les matériels reposant au sol (voir 2.4.4.1 et 2.4.5.2.2)



IEC 742/96

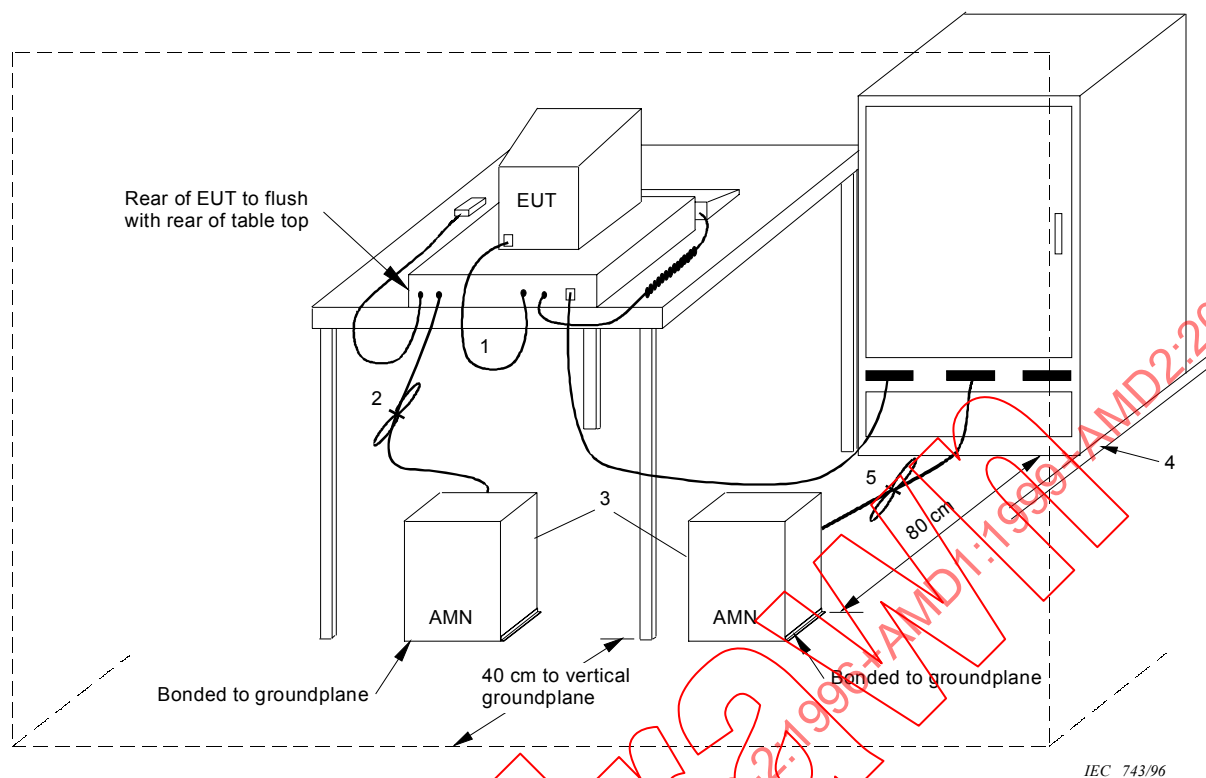
- 1 Excess cables shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 2 The EUT and cables shall be insulated (up to 12 mm) from the ground plane.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN can be placed on top of or immediately beneath the ground plane.
All other equipment is powered from the second AMN.

Figure 3 – Test configuration: floor-standing equipment (see 2.4.4.1 and 2.4.5.2.2)



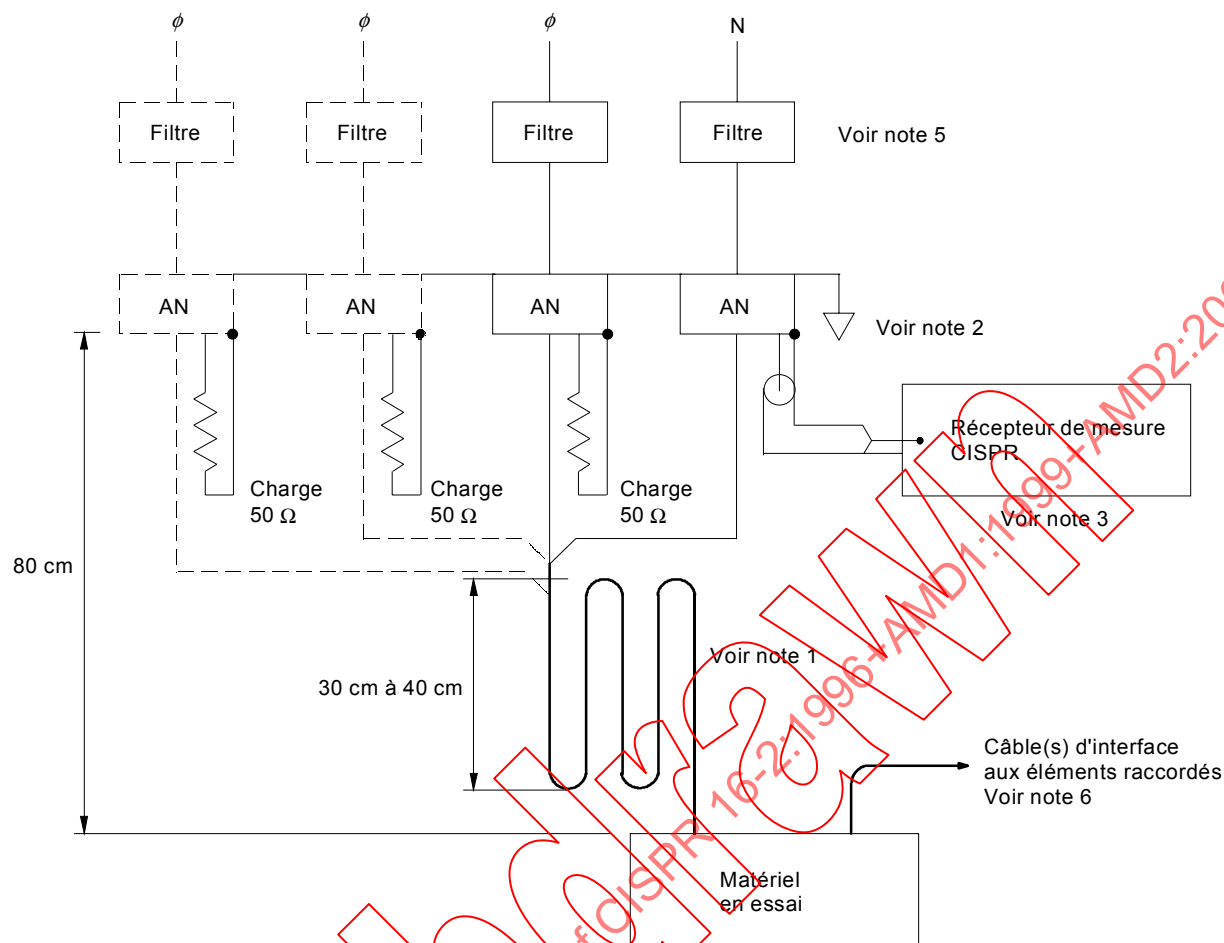
- 1 Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse doivent être repliés plusieurs fois sur eux-mêmes pour former un faisceau de 30 cm à 40 cm de long pendant approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan masse de la table.
- 2 Les parties de câbles en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
- 3 Le matériel en essai est connecté à un réseau fictif. Le réseau fictif peut être connecté en variante au plan de référence vertical. Tous les autres matériels sont alimentés à travers le deuxième réseau fictif.
- 4 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 12 mm) du plan de masse.
- 5 Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un matériel qui repose au sol doivent descendre jusqu'au plan de sol; leur excédent est rassemblé en faisceau. Les câbles qui n'arrivent pas au plan de sol doivent pendre de la hauteur de leur connecteur ou sur 40 cm, la valeur la plus faible étant retenue.

Figure 4 – Montage d'essai pour les matériels de table et les matériels reposant au sol (voir 2.4.4.1 et 2.4.5.2.2)



- 1 The interconnecting cables which hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 30 cm – 40 cm long, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table.
- 2 Excess power cords shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN may alternatively be connected to the vertical reference plane. All other equipment is powered from the second AMN.
- 4 The EUT and the cables shall be insulated (up to 12 mm) from the ground plane.
- 5 The I/O cable to the floor standing unit drapes to the ground plane and the excess is bundled. Cables not reaching the ground plane are dropped to the height of the connector or 40 cm, whichever is lower.

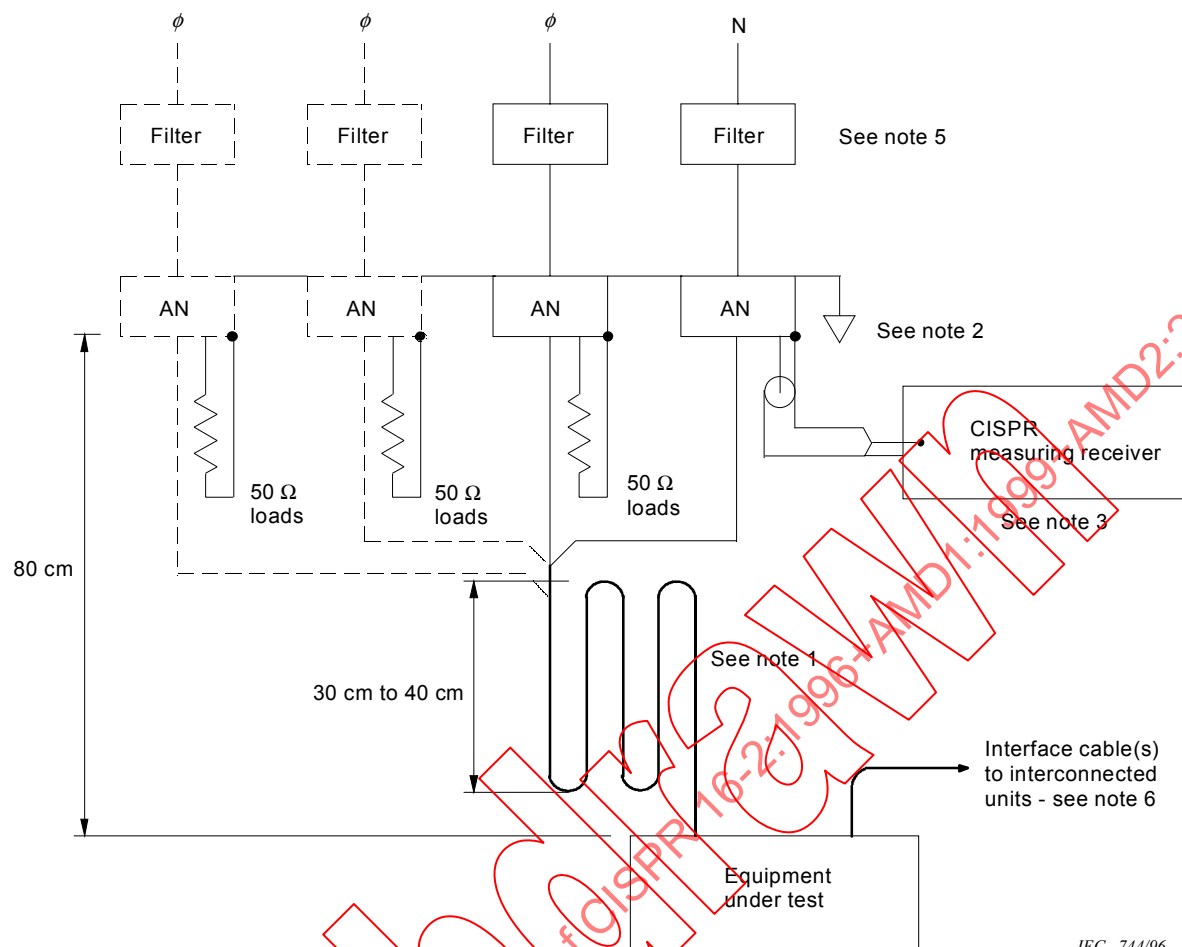
Figure 4 – Test configuration: floor-standing and table-top equipment
(see 2.4.4.1 and 2.4.5.2.2)



IEC 744/96

- 1 Tout excédent de plus de 80 cm du câble du matériel en essai doit être replié en forme de zigzag sans être bobiné.
- 2 La connexion du réseau fictif au plan de sol doit présenter une basse impédance aux fréquences élevées. Elle doit être réalisée en feuille métallique pleine dont le rapport longueur/largeur ne dépasse pas 5 à 1.
- 3 L'ensemble de mesure du CISPR ne doit être raccordé au plan de sol de référence que par le conducteur extérieur du câble coaxial.
- 4 Les lignes en tireté représentent le montage d'essai dans le cas d'une alimentation triphasée.
- 5 Filtres passe-bas, remplaçables par des courts-circuits.
- 6 Les éléments peuvent être raccordés à un seul ensemble de réseaux fictifs par des barrettes ou boîtes de raccordement électriques.
- 7 Les matériels en essai montés sur table ou tenus à la main doivent se trouver à 40 cm de la surface conductrice de masse d'au moins 2 m² et à au moins 80 cm de tout autre objet conducteur, ceci comprenant les dispositifs qui font partie de l'installation.

Figure 5 – Schéma du montage d'essai de la tension perturbatrice conduite
(voir 2.4.4.1 et 2.4.5.2.2)



IEC 744/96

- 1 The length of the EUT power cord in excess of 80 cm shall be folded into a serpentine-like bundle and not coiled.
- 2 Connection of the AN to the ground plane shall provide a low impedance path at high frequencies. It shall be made using a solid flat metal conductor that has a length-to-width ratio of not more than 5 to 1.
- 3 The CISPR measuring the set shall only be grounded to the reference ground plane via the outer conductor of the coaxial cable.
- 4 Dotted lines represent the test set-up for the three-phase power.
- 5 Optional filter hook-up, replace with shorts if not used.
- 6 Interconnected units may be attached to a single AN via a power junction strip or box.
- 7 A table mounted or handheld EUT must be 40 cm from any grounded conducting surface of at least 2 m square and at least 80 cm from any other conductive objects, including devices that are part of the system or instrumentation.

Figure 5 – Schematic of conducted disturbance voltage test configuration
(see 2.4.4.1 and 2.4.5.2.2)

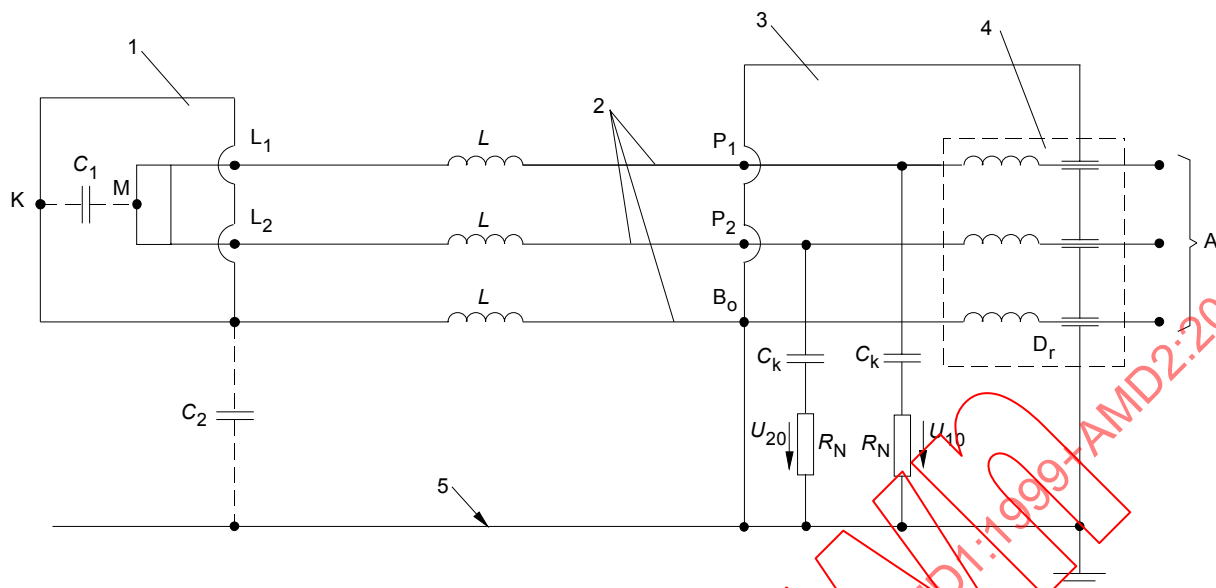
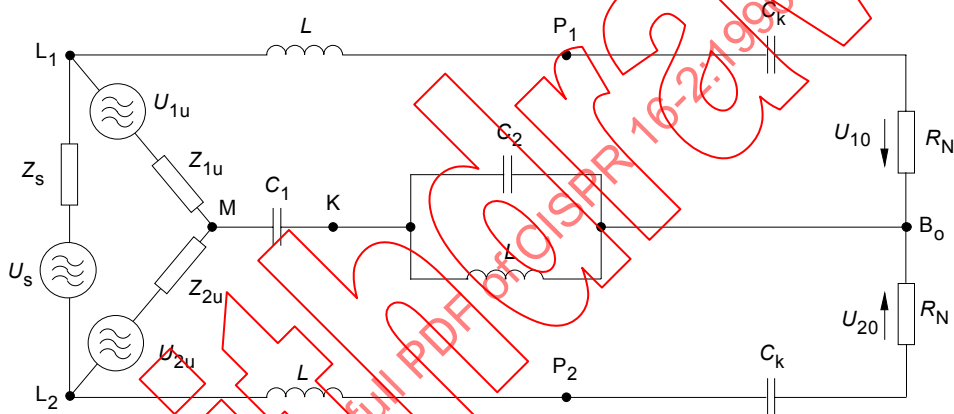


Figure 6a – Schéma du circuit de mesure et d'alimentation



IEC 745/96

Figure 6b – Circuit équivalent de source de tension et de mesure

- 1 Matériel en essai
- 2 Câble d'alimentation
- 3 Réseau fictif d'alimentation en V
- 4 Circuit de découplage (filtre)
- 5 Paroi métallique
- A Entrée alimentation
- B₀ Connexion de la terre de référence
- L₁, L₂ Raccordement du câble d'alimentation (100 cm)
- P₁, P₂ Fiche du matériel en essai vers le réseau d'alimentation
- C₁ Capacité parasite entre l'intérieur du matériel en essai et les parties métalliques
- C₂ Capacité parasite entre le matériel en essai et la paroi métallique (à la terre)
- C_K Condensateurs de couplage du réseau d'alimentation
- D_r Bobine d'arrêt du conducteur de masse de sécurité
- K Parties de la structure conductrice du matériel en essai
- L Inductance des câbles de connexion
- M Point milieu fictif pour les tensions internes en mode commun
- R_N Résistances de simulation (50 Ω ou 150 Ω)
- Z_s Résistance interne symétrique du matériel en essai
- Z_{1u}, Z_{2u} Résistance en mode commun du matériel en essai
- U_{1u}, U_{2u} Tension interne en mode commun du matériel en essai
- U₁₀, U₂₀ Tension externe mesurable en mode commun

Figure 6 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe I (mis à la terre) (voir 2.4.4.2.1)

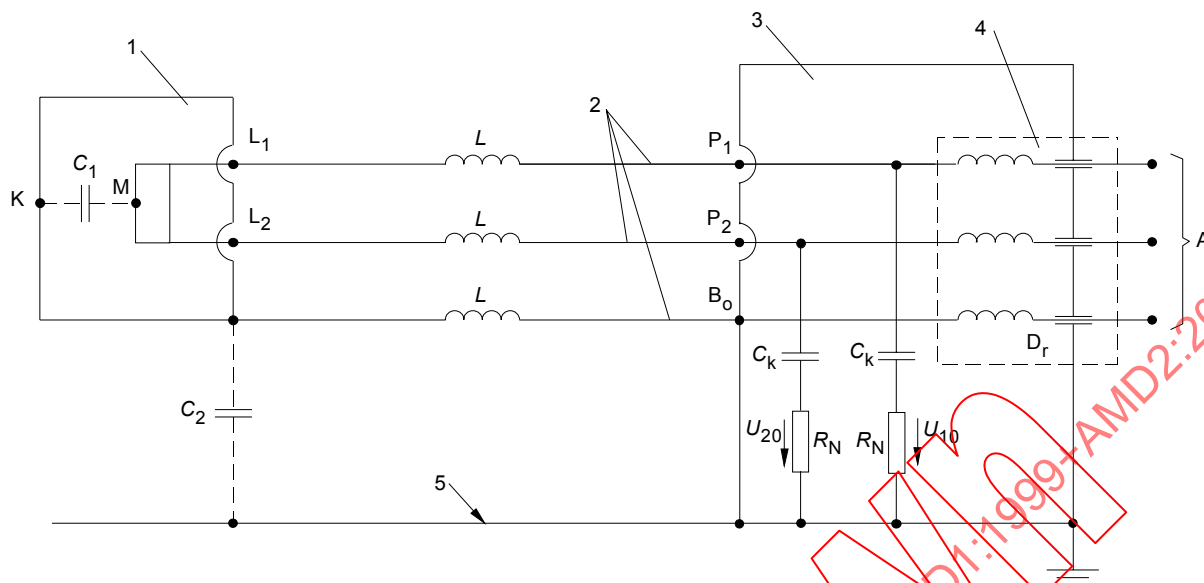
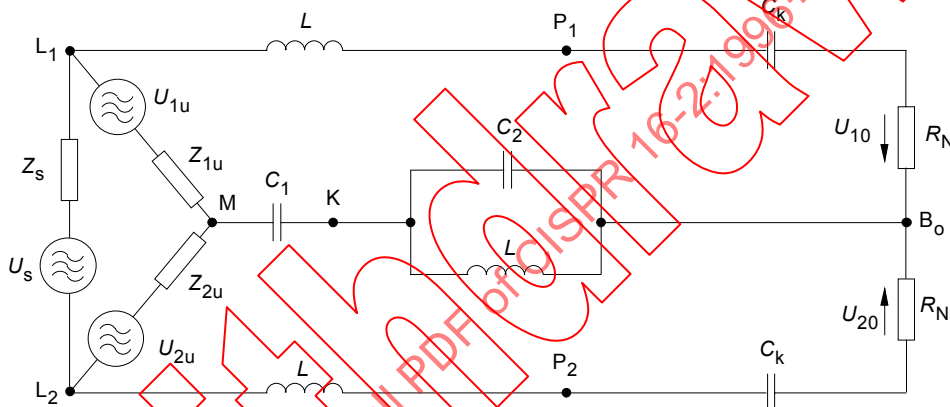


Figure 6a – Schematic for measurement and power circuit



IEC 745/96

Figure 6b – Equivalent voltage source and measurement circuit

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 | Equipment under test (EUT) |
| 2 | Power cord |
| 3 | "V" power mains network |
| 4 | Decoupling circuit (filter) |
| 5 | Metallic wall |
| A | Power input |
| B ₀ | Reference earth connection |
| L ₁ , L ₂ | Power cord connection (100 cm) |
| P ₁ , P ₂ | EUT plug to mains network |
| C ₁ | Stray capacitance within EUT to metallic parts |
| C ₂ | Stray capacitance of EUT to metallic wall (earth) |
| C _k | Coupling capacitors within mains network |
| D _f | Inductor (choke) for safety ground wire |
| K | Conductive structural parts of the EUT |
| L | Inductance of connecting wires |
| M | Fictitious mid-point of the internal common mode voltages |
| R _N | Simulation resistances (50 Ω or 150 Ω) |
| Z _s | Symmetric internal resistance of EUT |
| Z _{1u} , Z _{2u} | Common mode resistance of the EUT |
| U _{1u} , U _{2u} | Internal common mode voltage of the EUT |
| U ₁₀ , U ₂₀ | External measurable common mode voltage |

Figure 6 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for Class I (grounded) EUT (see 2.4.4.2.1)

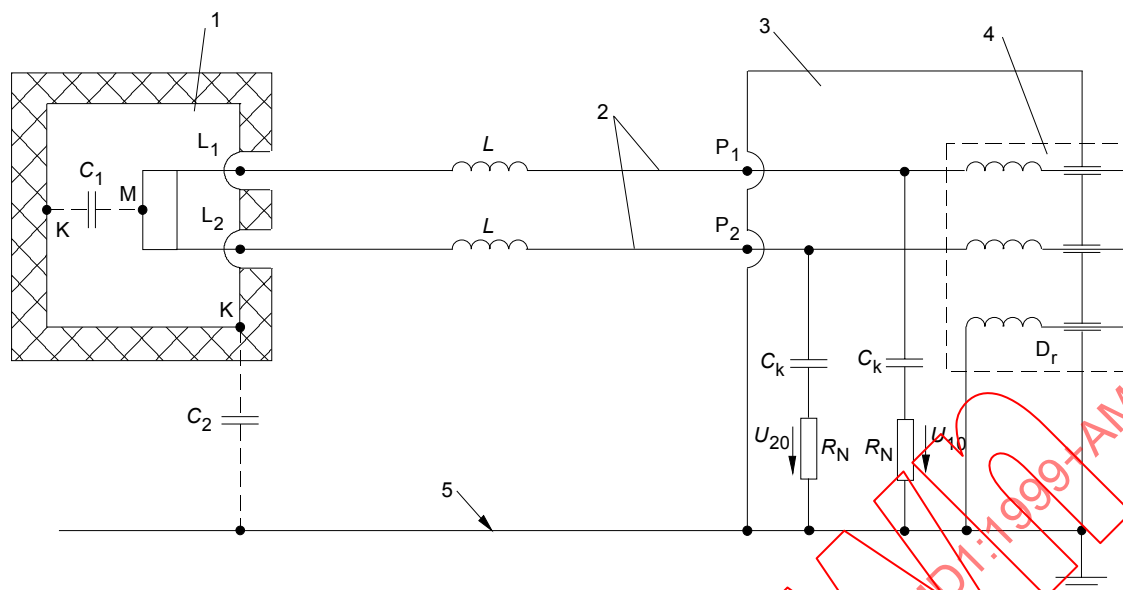
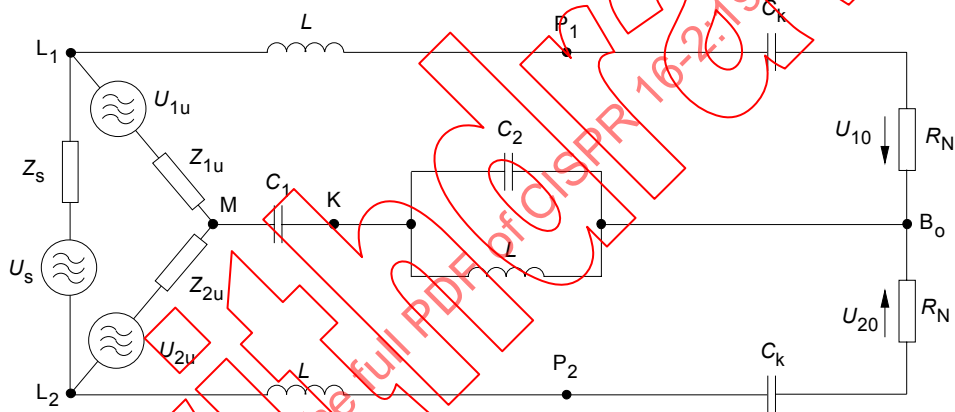


Figure 7a – Schéma du circuit d'alimentation et de mesure



IEC 746/96

Figure 7b – Circuit équivalent de source de perturbations radioélectriques et de mesure

NOTE Se reporter à la figure 6 pour les symboles.

Figure 7 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice en mode commun pour les matériels en essai de classe II (non mis à la masse) (voir 2.4.4.2.2)

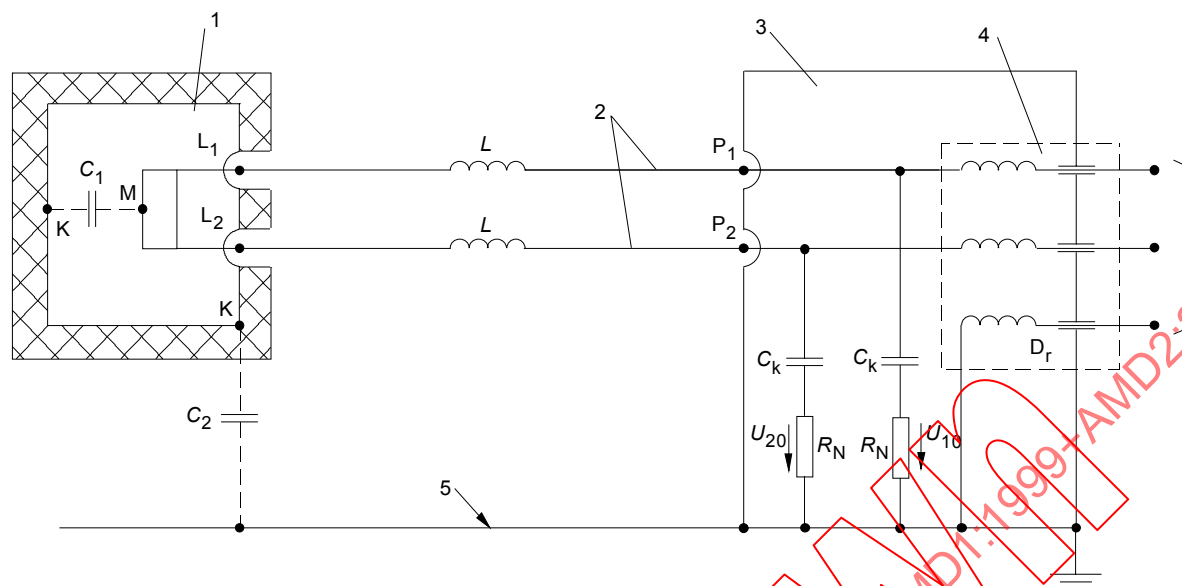
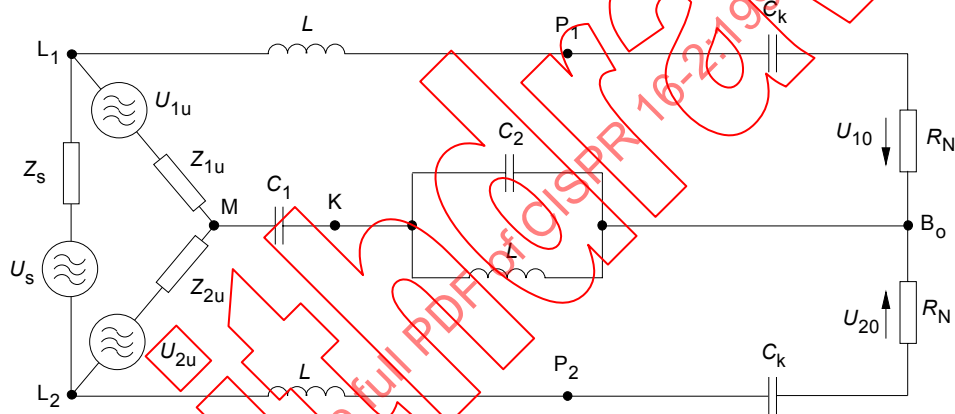


Figure 7a – Schematic for power and measurement circuit



IEC 746/96

Figure 7b – Equivalent RFI source and measurement circuit

NOTE Refer to figure 6 for symbols.

Figure 7 – Equivalent circuit for measurement of common mode disturbance voltage for Class II (grounded) EUT (see 2.4.4.2.2)

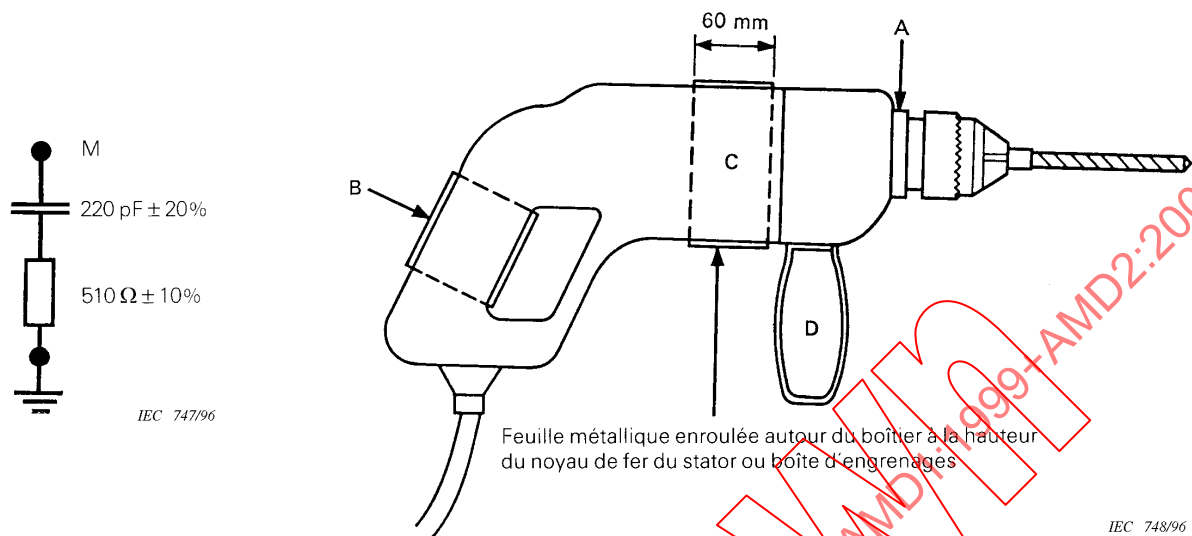


Figure 8 – Élément RC pour main artificielle (voir 2.4.4.2.3)

Figure 9 – Perceuse électrique portable avec main artificielle (voir 2.4.4.2.3)

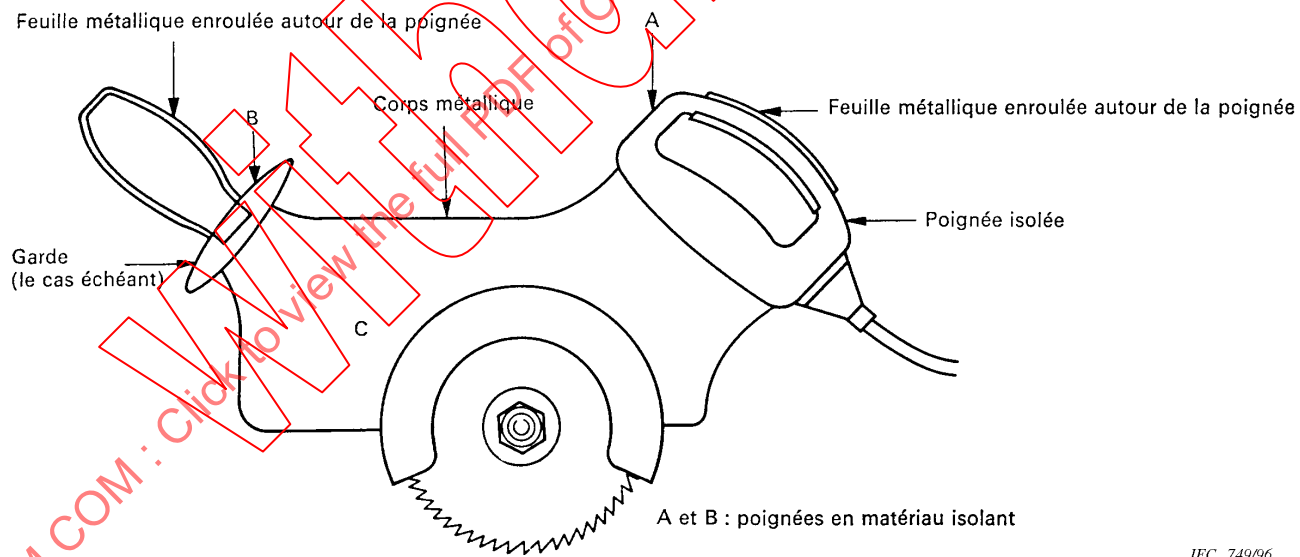


Figure 10 – Scie électrique portable avec main artificielle (voir 2.4.4.2.3)

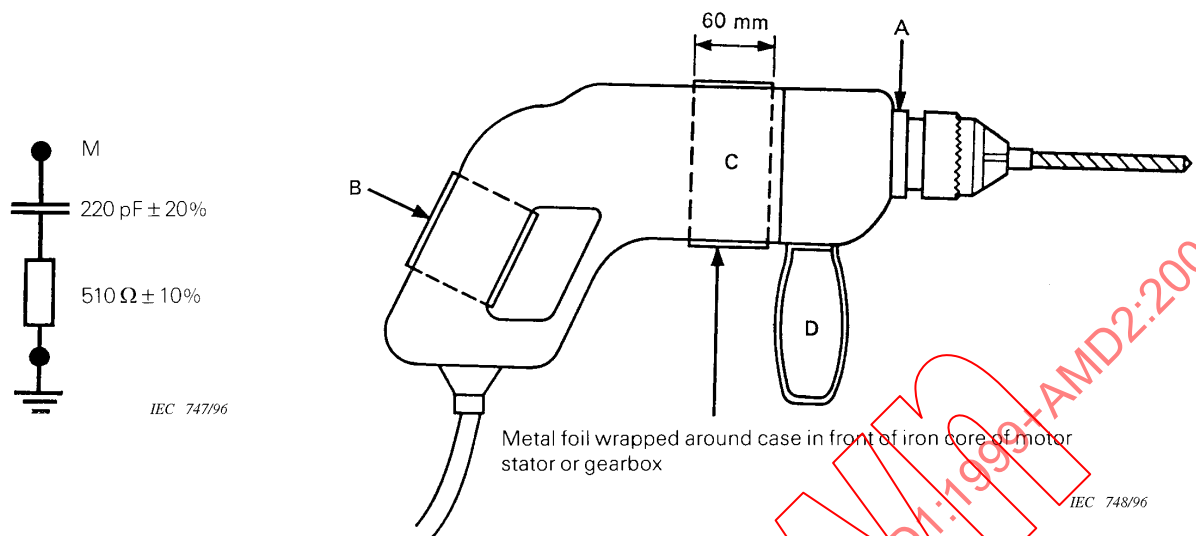


Figure 8 – RC element for artificial hand
(see 2.4.4.2.3)

Figure 9 – Portable electric drill with artificial
hand (see 2.4.4.2.3)

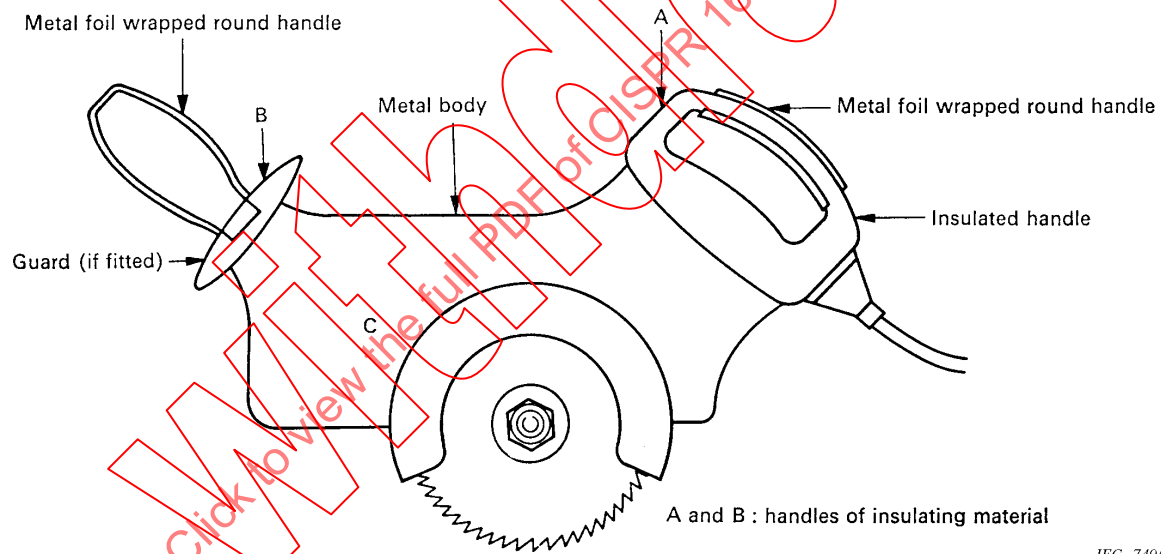
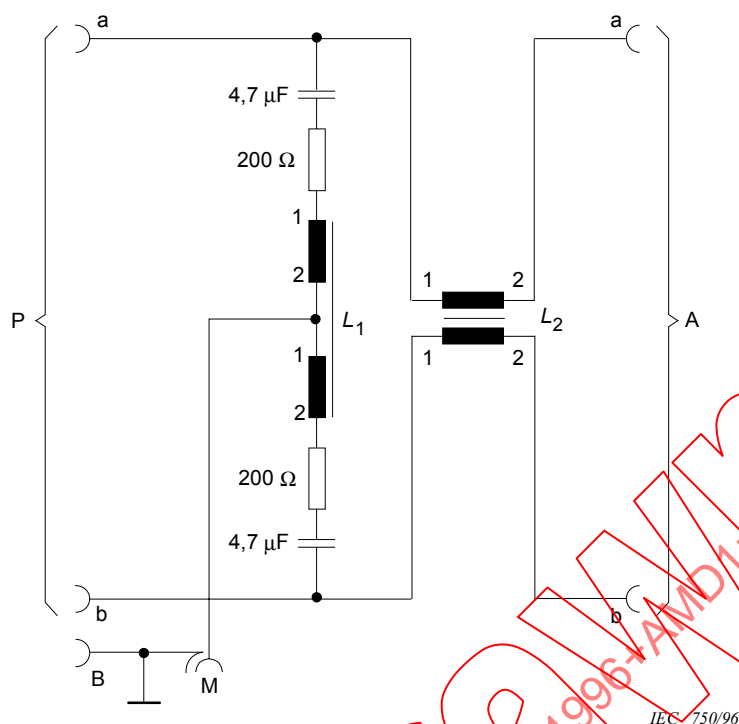
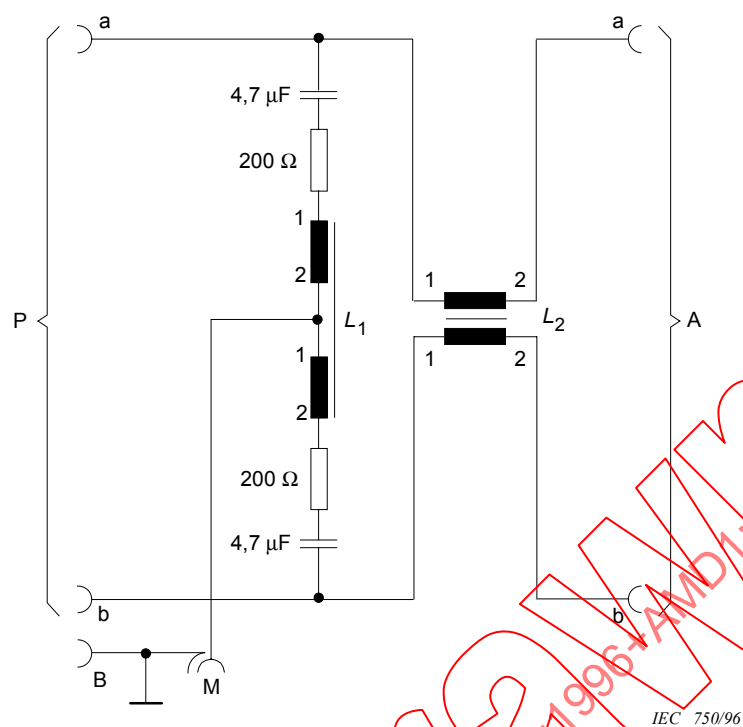


Figure 10 – Portable electric saw with artificial hand (see 2.4.4.2.3)



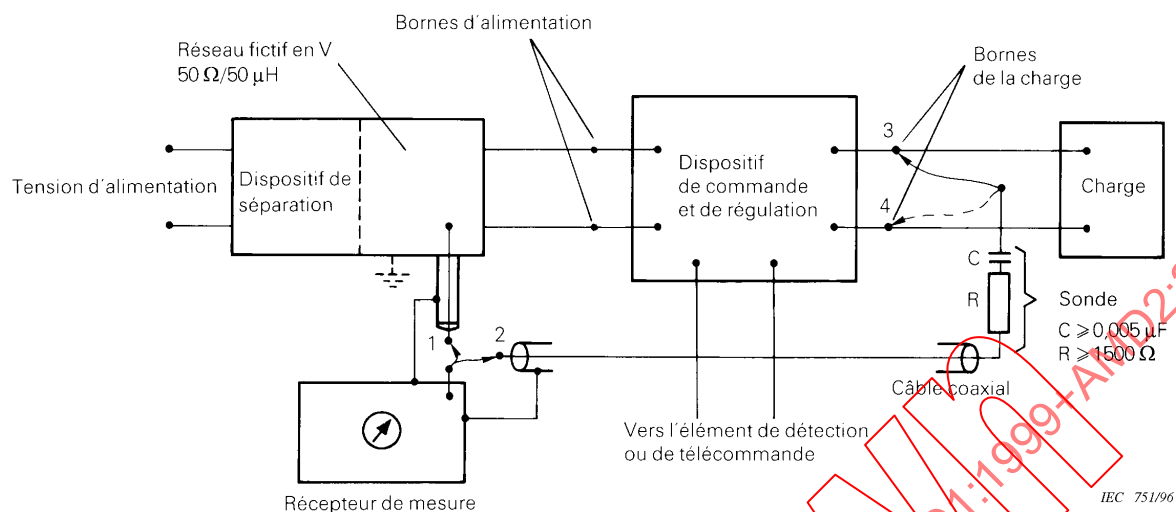
- 1 Début de l'enroulement
- 2 Fin de l'enroulement
- A Bornes des conducteurs de télécommunication
- B Borne de masse (paroi métallique)
- M Bornes du récepteur de mesure (50 Ω)
- P Connexion matériel essai
- L_1 Inductance en mode différentiel, 5 mH à 40 mH pour chaque enroulement
- L_2 Inductance de découplage (compensée en courant)

Figure 11 – Schéma de simulation de lignes de télécommunications (réseau T-1 ou réseau de simulation d'impédance pour télécommunications) (voir 2.4.4.3.2)



- 1 Beginning of winding
- 2 End of winding
- A Terminals for telecommunication conductors
- B Terminal for ground (metal wall)
- M Terminal for measuring receiver (50 Ω)
- P Connection to EUT
- L₁ Differential mode inductance, 5 mH to 40 mH for each winding
- L₂ Decoupling inductance (current compensated)

**Figure 11 – Schematic diagram for simulation of telecommunication lines
(T-1 network or telecom impedance simulation network) (see 2.4.4.3.2)**



Positions des commutateurs:

1 Mesure côté réseau d'alimentation

2 Mesure côté charge

3 et 4 Connexions successives durant les mesures côté charge

NOTE 1 La borne de mise à la terre du récepteur de mesure doit être connectée au réseau fictif en V.

NOTE 2 La longueur du câble coaxial de la sonde ne doit pas excéder 2 m.

NOTE 3 Lorsque le commutateur est en position 2, la borne 1 du réseau fictif en V doit être chargée par une impédance identique à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure CISPR.

NOTE 4 Lorsqu'un appareil de commande et de régulation à deux bornes est inséré sur l'un des câbles d'alimentation seulement, les mesures doivent être effectuées en raccordant le second câble comme le montre la figure 12a.

Figure 12 – Exemple de mesure pour sondes de tension et de régulation (voir 2.4.4.4.1)

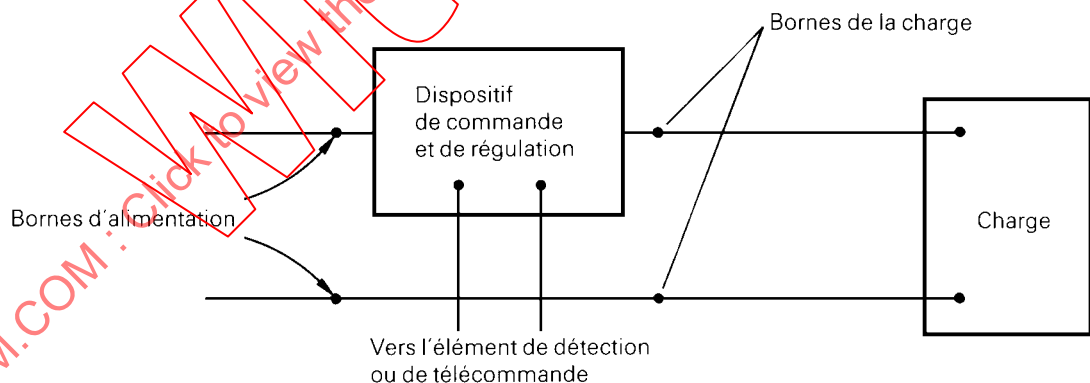
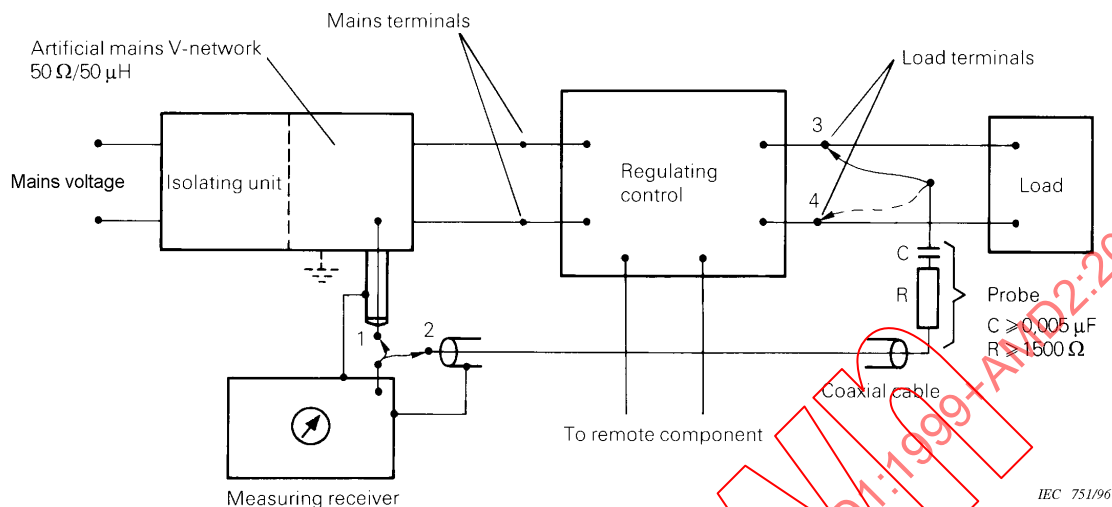


Figure 12a – Disposition dans le cas de la mesure d'un dispositif de commande et de régulation à deux bornes



Switch positions:

1 For mains measurements

2 For load measurements

3 and 4 Successive connections during load measurements

NOTE 1 The earth of the measuring receiver shall be connected to the artificial mains V-network.

NOTE 2 The length of the coaxial cable from the probe shall not exceed 2 m.

NOTE 3 When the switch is in position 2, the output of the artificial mains V-network at terminal 1 shall be terminated by an impedance equivalent to that of the CISPR.

NOTE 4 Where a two-terminal regulating control is inserted in one lead only of the supply, measurements shall be made by connecting the second supply lead as indicated in figure 12a.

Figure 12 – Measuring example for voltage probes (see 2.4.4.4.1)

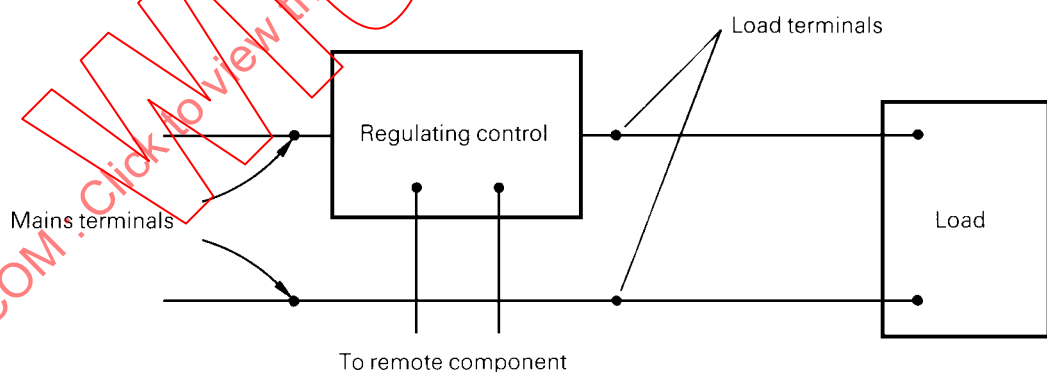


Figure 12a – Measurement arrangement for two-terminal regulating controls

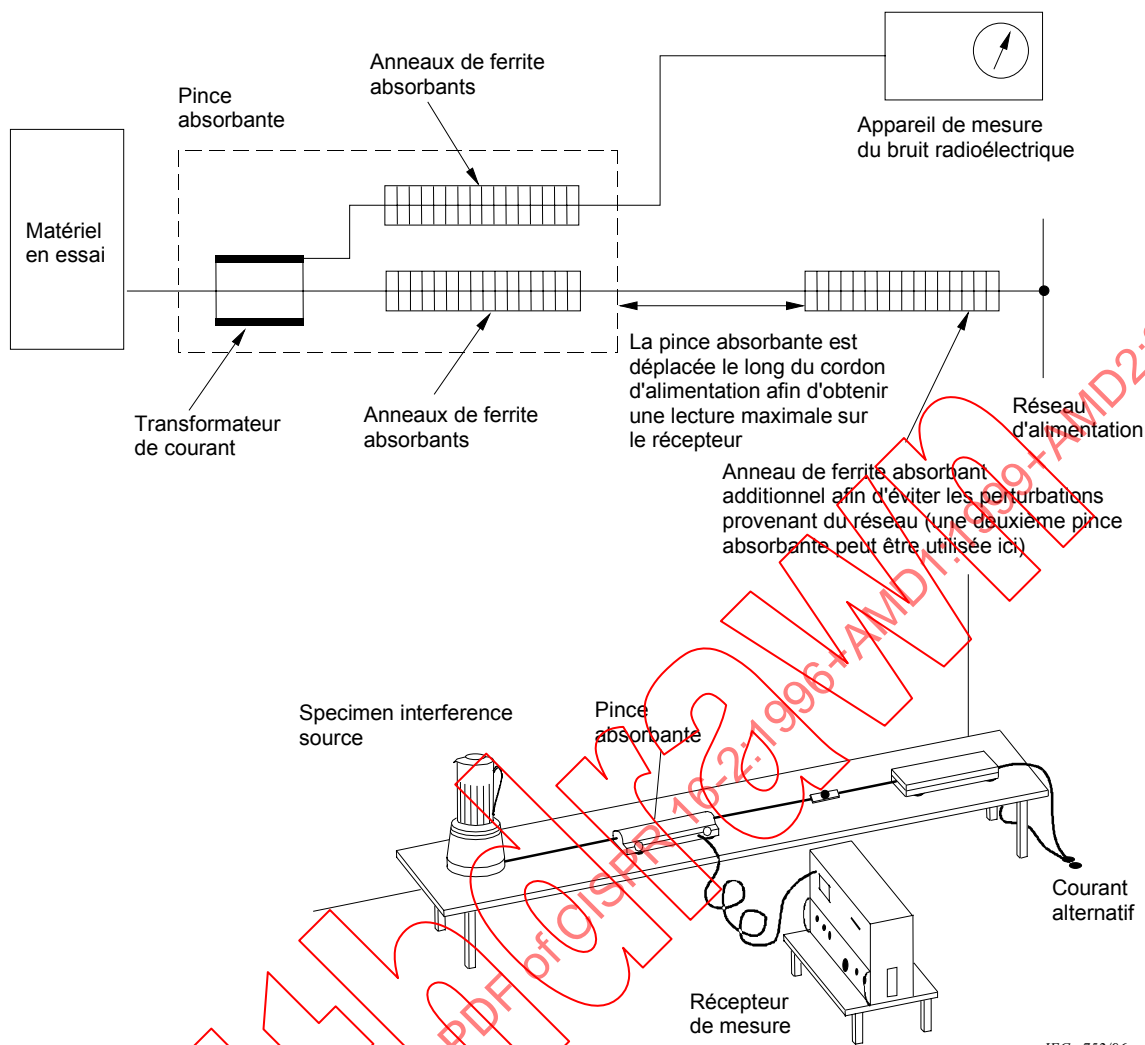


Figure 13 – Montage d'essai pour pince absorbante (voir 2.5.2)

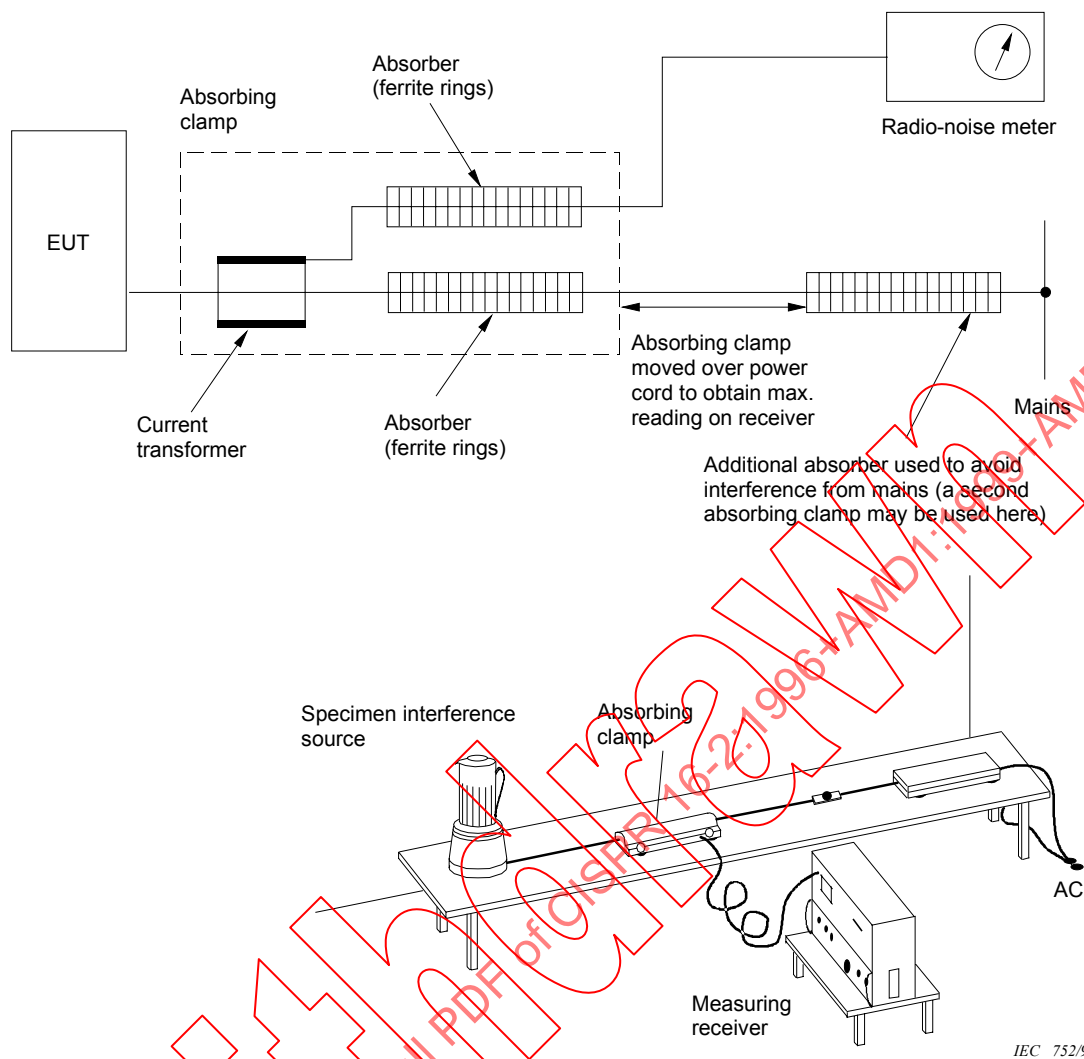


Figure 13 – Test configuration for absorbing clamp (see 2.5.2)

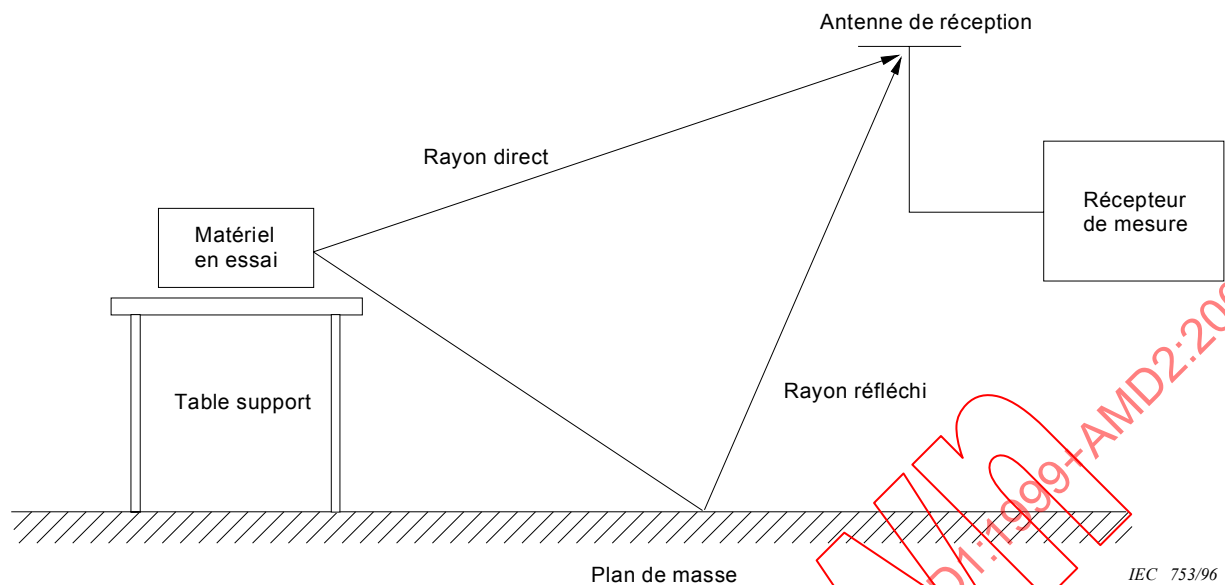
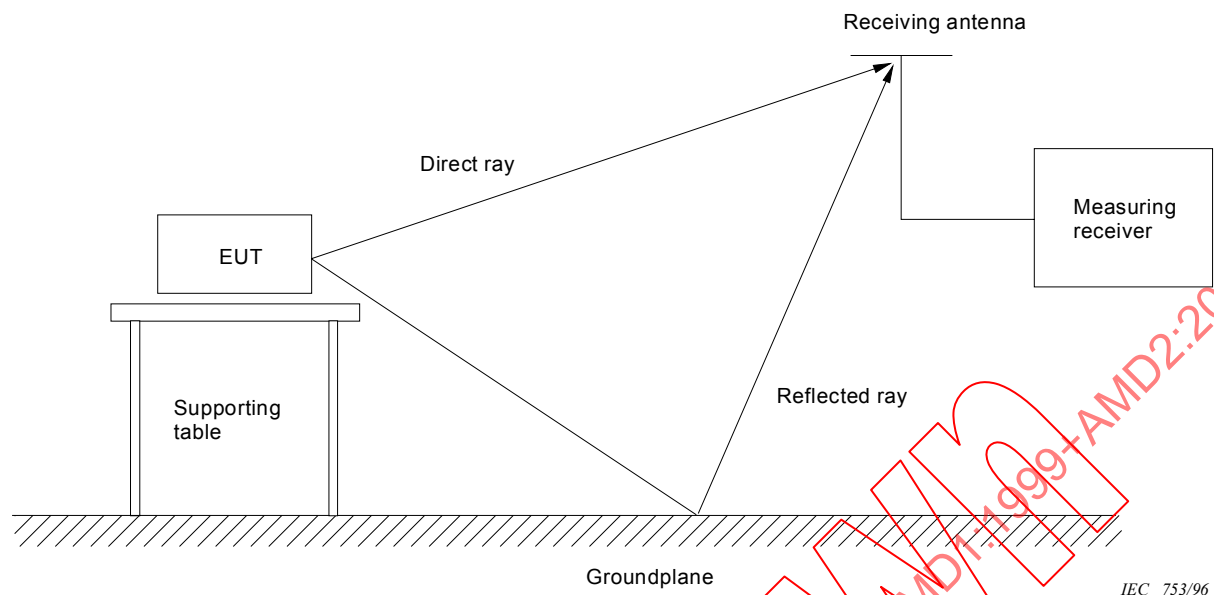
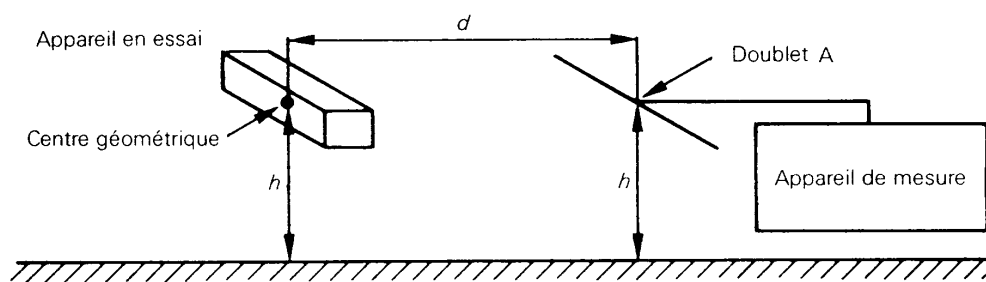


Figure 14 – Principe des mesures du champ électrique sur un emplacement d'essai ouvert montrant les rayons directs et réfléchis qui arrivent à l'antenne de réception (voir 2.6.2.2)



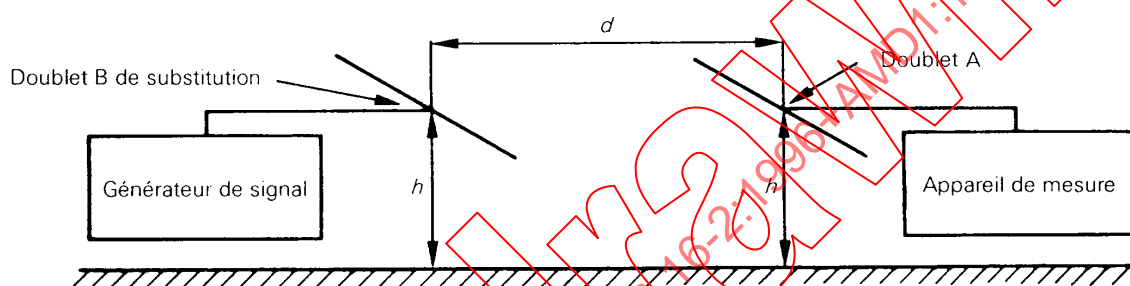
IEC 753/96

Figure 14 – Concept of electric field strength measurements made on an open area test site with the direct and reflective rays arriving at the receiving antenna
(see 2.6.2.2)



a) Mesure

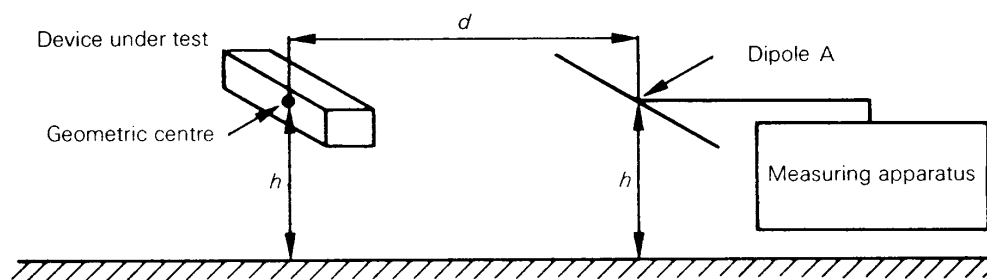
IEC 754/96



b) Etalonnage

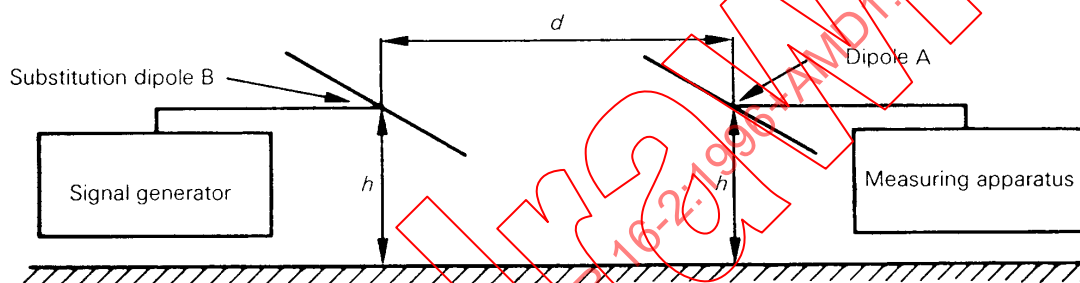
IEC 755/96

Figure 15 – Méthode de mesure par substitution (voir 2.6.4.1 et 2.6.4.3)



IEC 754/96

a) Measurement



IEC 755/96

b) Calibration

Figure 15 – Method of measurement – Substitution method (see 2.6.4.1 and 2.6.4.3)

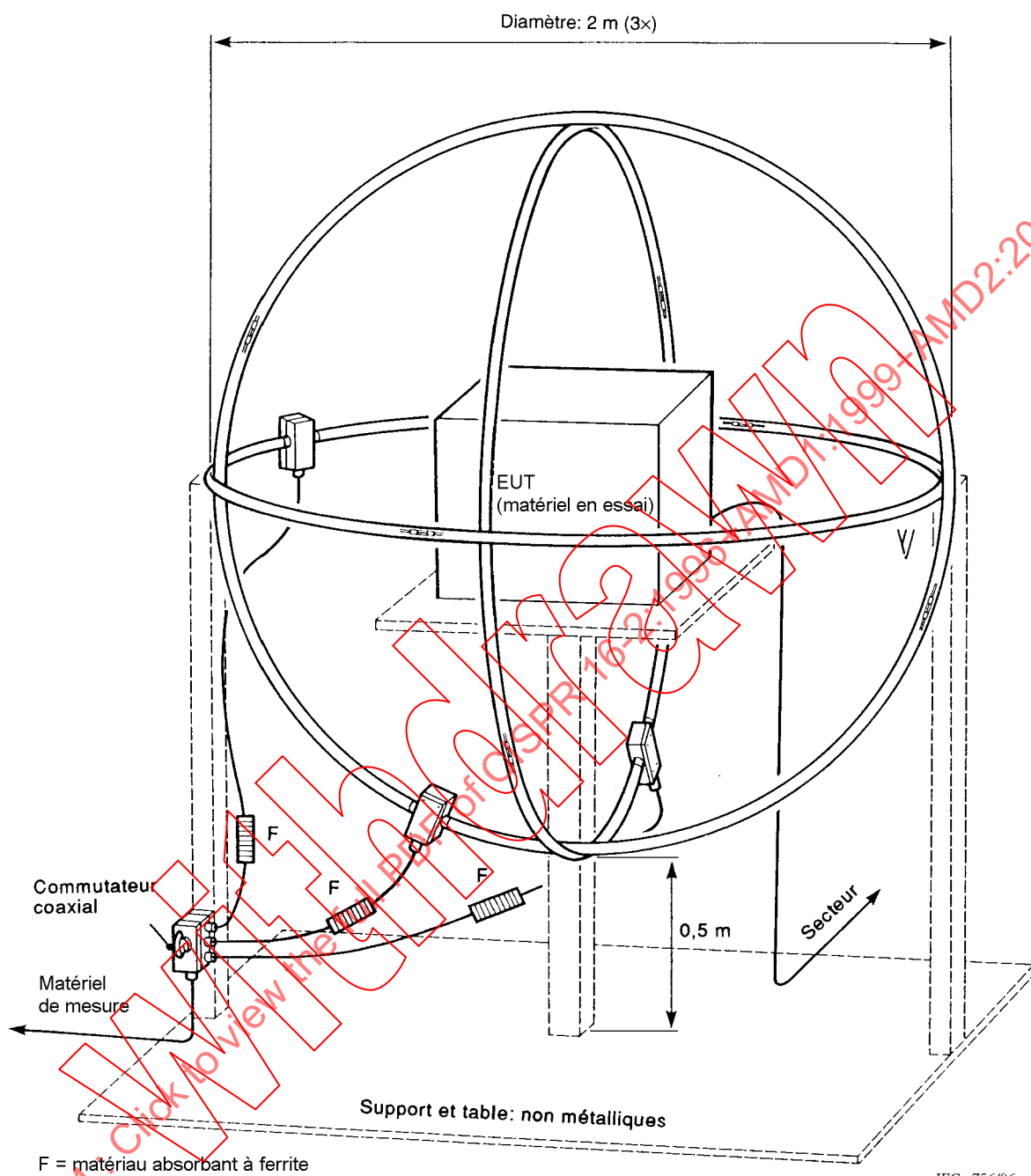


Figure 16 – Principe de mesure des courants induits par un champ magnétique à l'aide du système d'antennes bouclées (voir 2.6.6)

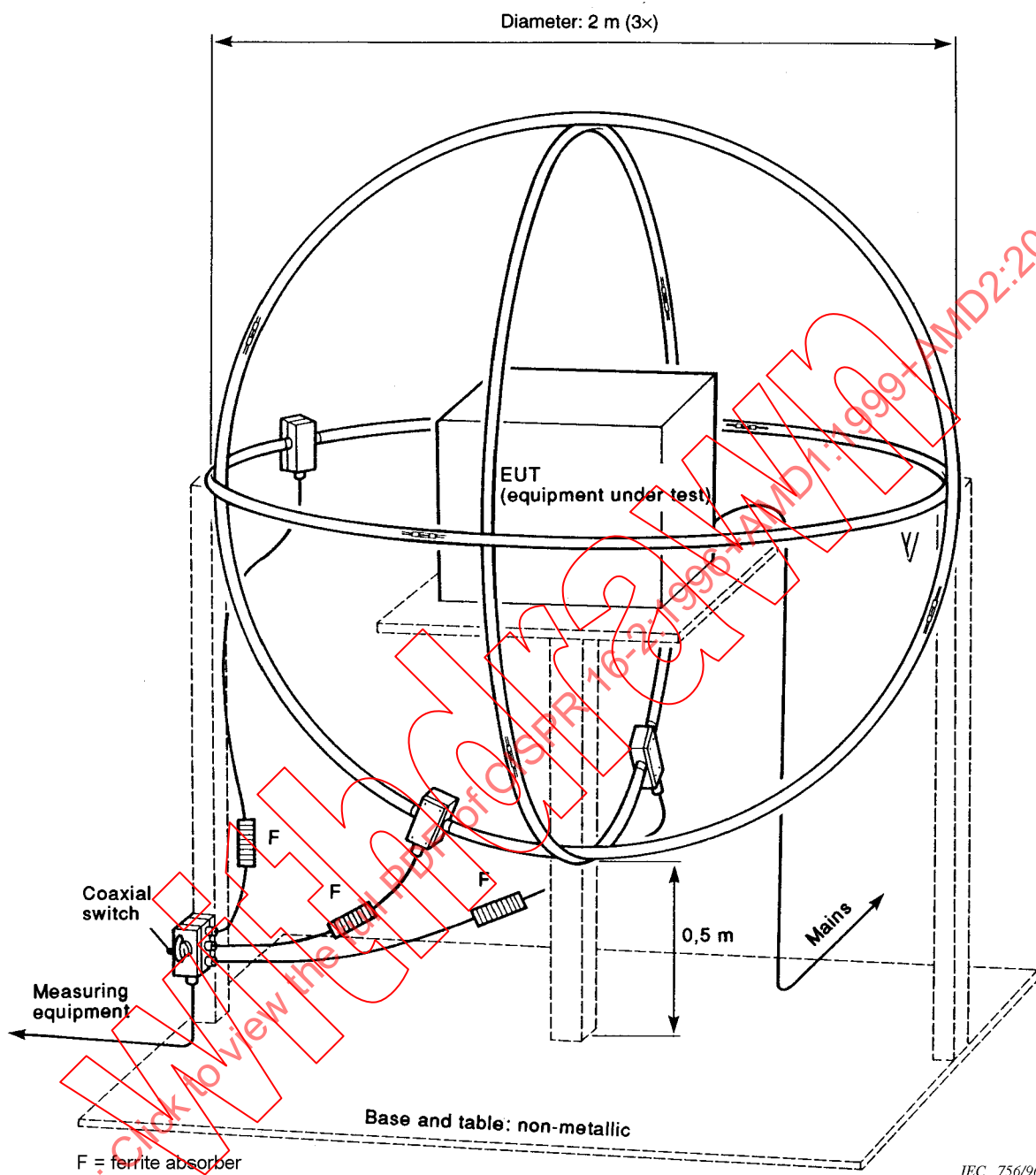


Figure 16 – Concept of magnetic field induced current measurements made with the loop antenna system (see 2.6.6)

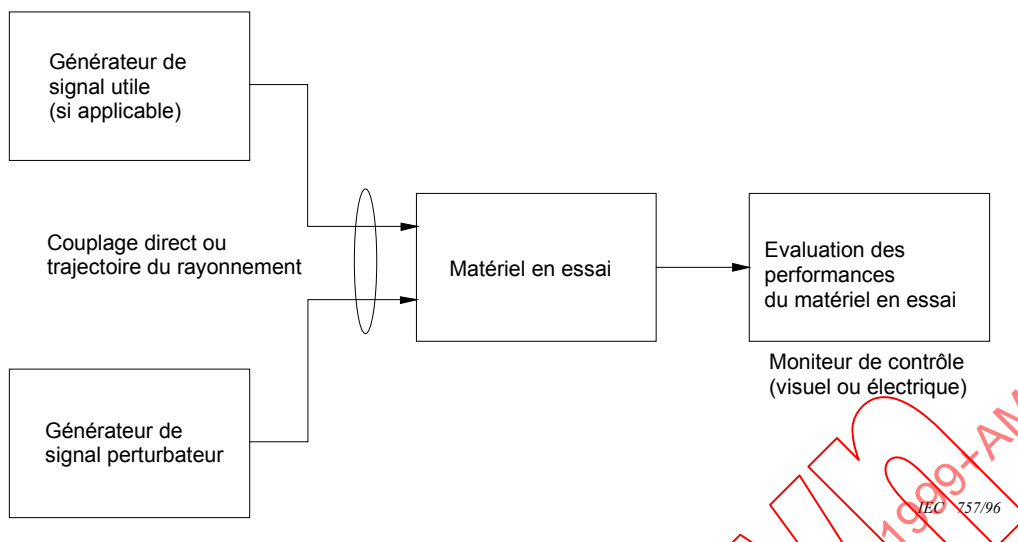


Figure 17 – Principe fondamental des mesures d'immunité (voir 3.1.1)

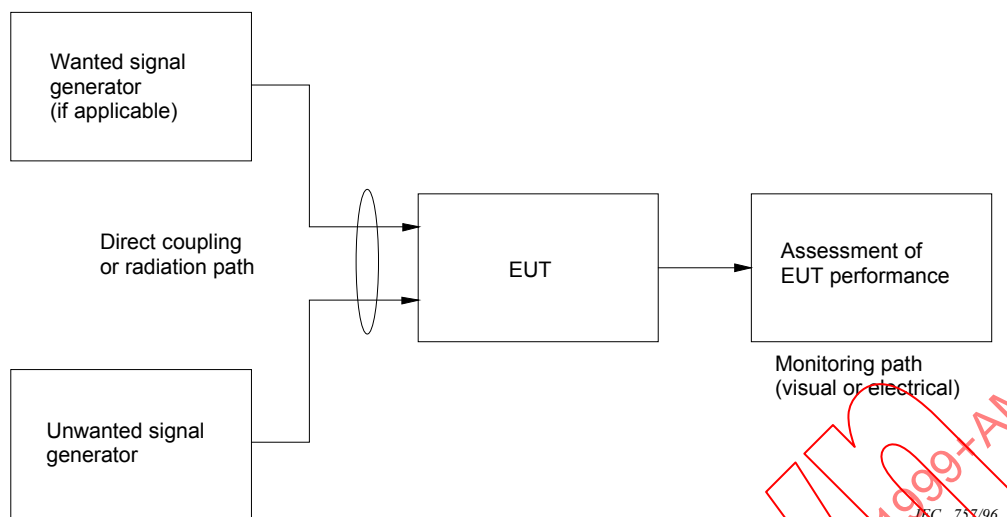


Figure 17 – Fundamental concept of immunity measurement (see 3.1.1)



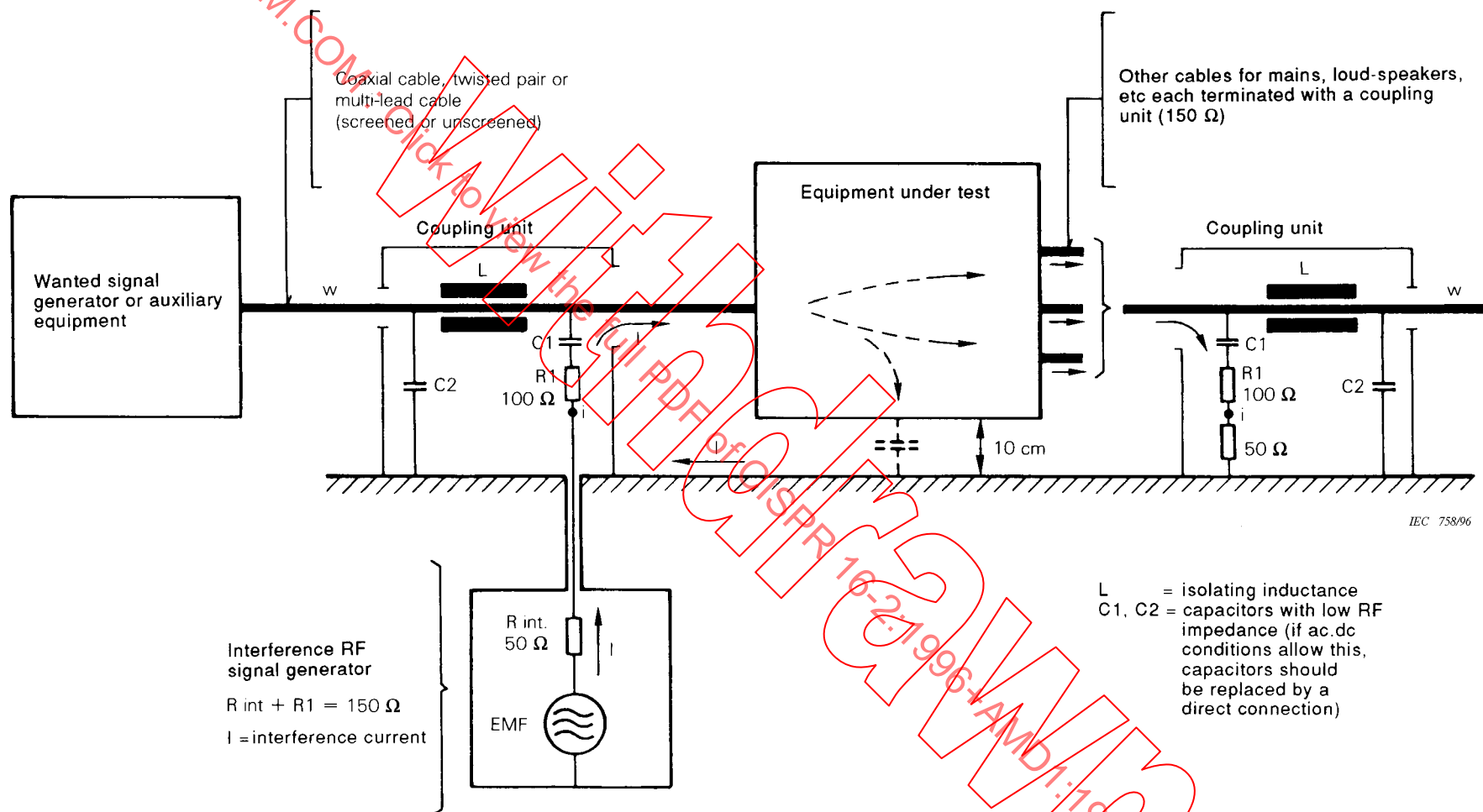
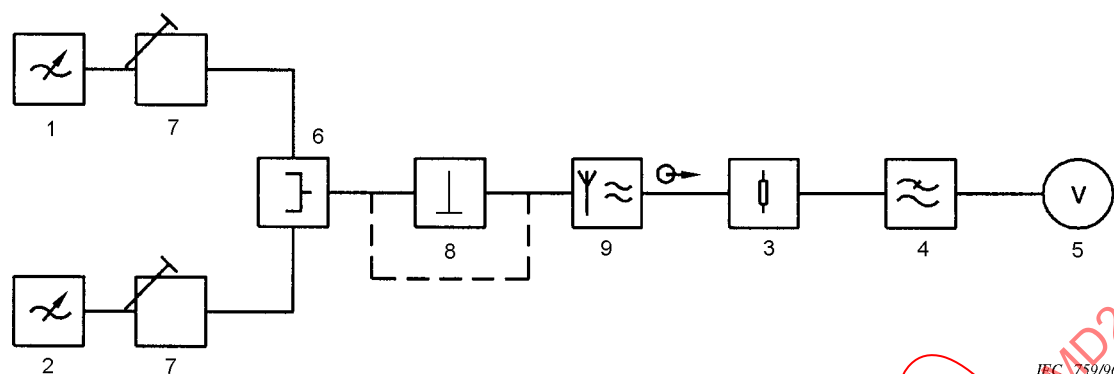


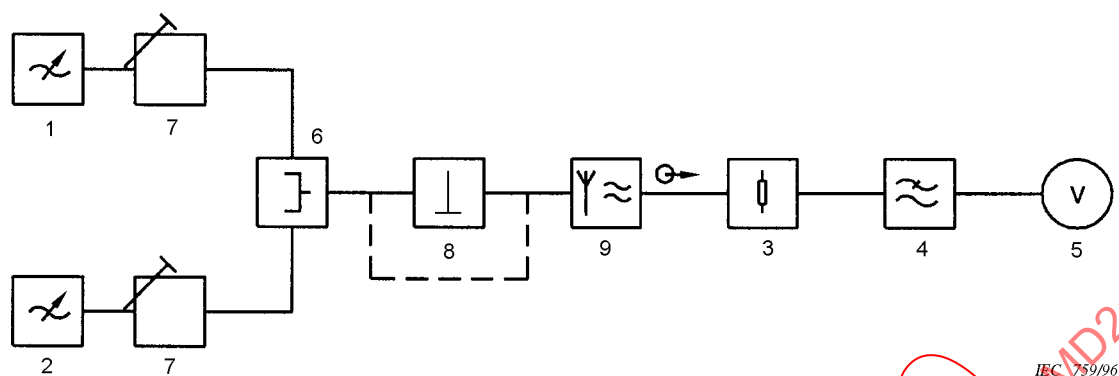
Figure 18 – General principle of the current-injection method (see 3.2)



IEC 759/96

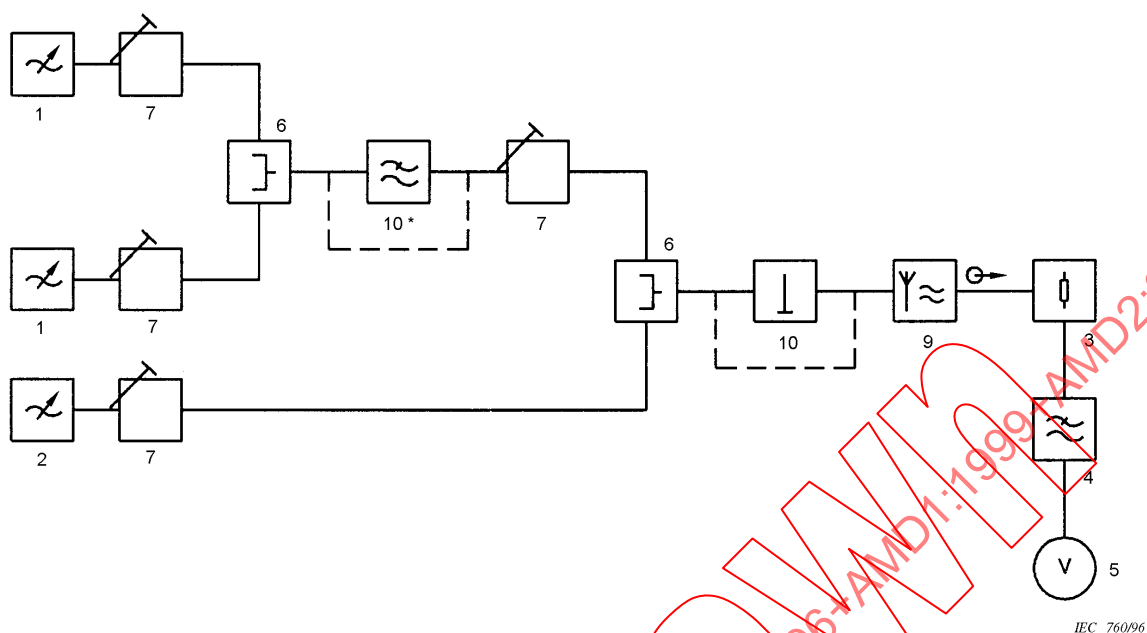
- 1 Générateur de signal perturbateur G1
- 2 Générateur de signal utile G2
- 3 Résistance de charge RL
- 4 Filtre passe-bas (voir annexe B)
- 5 Voltmètre audiofréquence (avec réseau de pondération suivant Recommandation 468 du CCIR)
- 6 Réseau de couplage
- 7 Atténuateurs
- 8 Réseau d'adaptation ou d'équilibrage
- 9 Matériel en essai

Figure 19 – Montage de mesure de l'immunité d'entrée des récepteurs de radiodiffusion sonore (voir 3.2.3.1)



- 1 Unwanted signal generator G1
- 2 Wanted signal generator G2
- 3 Load resistor RL
- 4 Low-pass filter (see annex B)
- 5 Audio-frequency voltmeter (with weighting network according to CCIR Recommendation 468)
- 6 Coupling network
- 7 Attenuators
- 8 Matching and/or balancing network
- 9 Equipment under test (EUT)

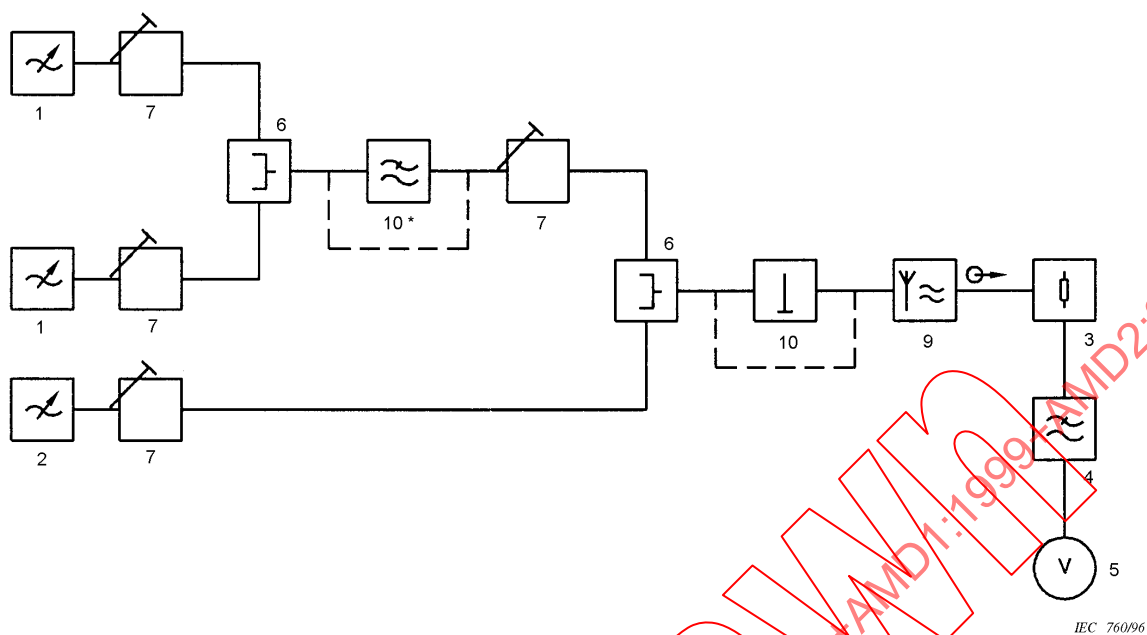
Figure 19 – Measuring set-up for input immunity measurement of sound broadcast receivers (see 3.2.3.1)



- 1 Générateur de signal perturbateur G1
- 2 Générateur de signal utile G2
- 3 Résistance de charge RL
- 4 Filtre passe-bas
- 5 Voltmètre audiofréquence (avec réseau de pondération suivant Recommandation 468 du CCIR)
- 6 Réseaux de couplage
- 7 Atténuateurs
- 8 Réseau d'adaptation ou d'équilibrage
- 9 Matériel en essai
- 10 Filtre passe-bas*

* Pour éviter que les harmoniques du signal perturbateur n'influencent les mesures

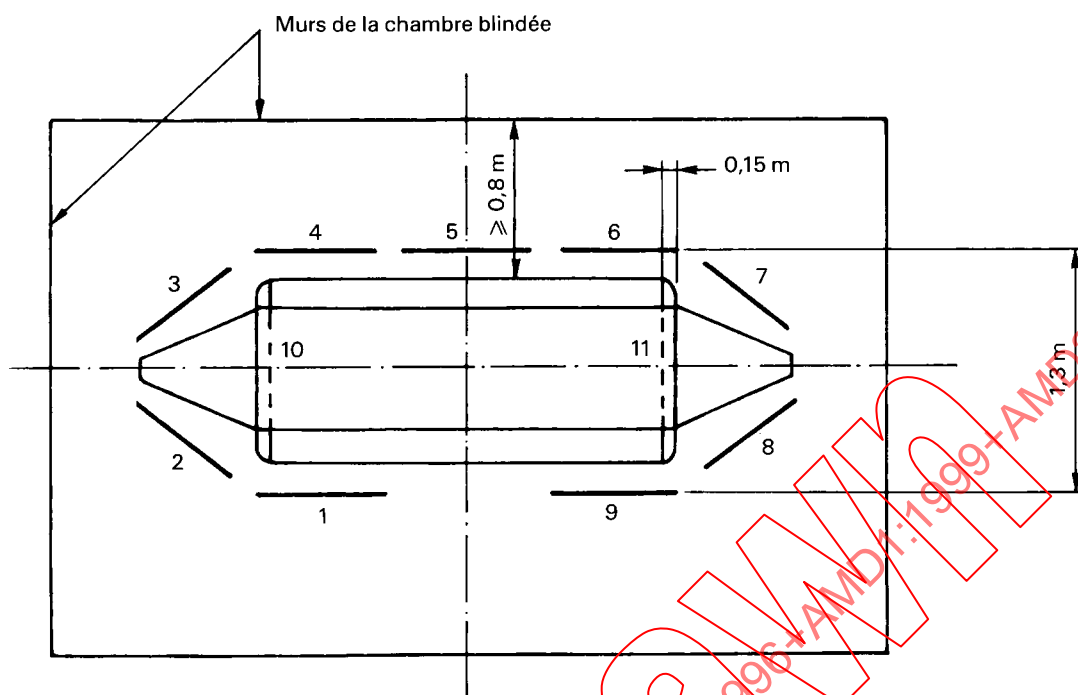
Figure 20 – Montage de mesure de l'immunité d'entrée des récepteurs de télévision (voir 3.2.3.2)



- 1 Unwanted signal generators G1
- 2 Wanted signal generators G2
- 3 Load resistor R_L
- 4 Low-pass filter
- 5 Audio-frequency voltmeter (with weighting network according to CCIR Recommendation 468)
- 6 Coupling networks
- 7 Attenuators
- 8 Matching and/or balancing network
- 9 Equipment under test (EUT)
- 10 Low-pass filter*

* To prevent influence of the measuring results by harmonics of the unwanted signal frequency

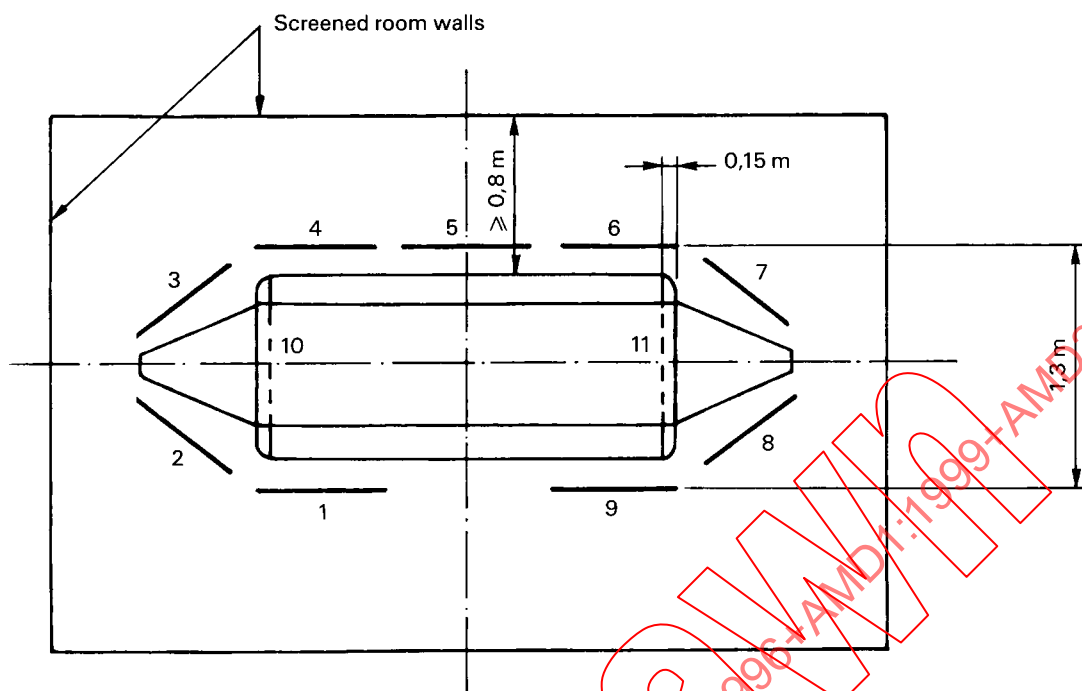
Figure 20 – Measuring set-up for input immunity measurement of television broadcast receivers (see 3.2.3.2)



1 à 11: plaques absorbantes de dimensions approximatives 0,8 m x 0,4 m

IEC 761/96

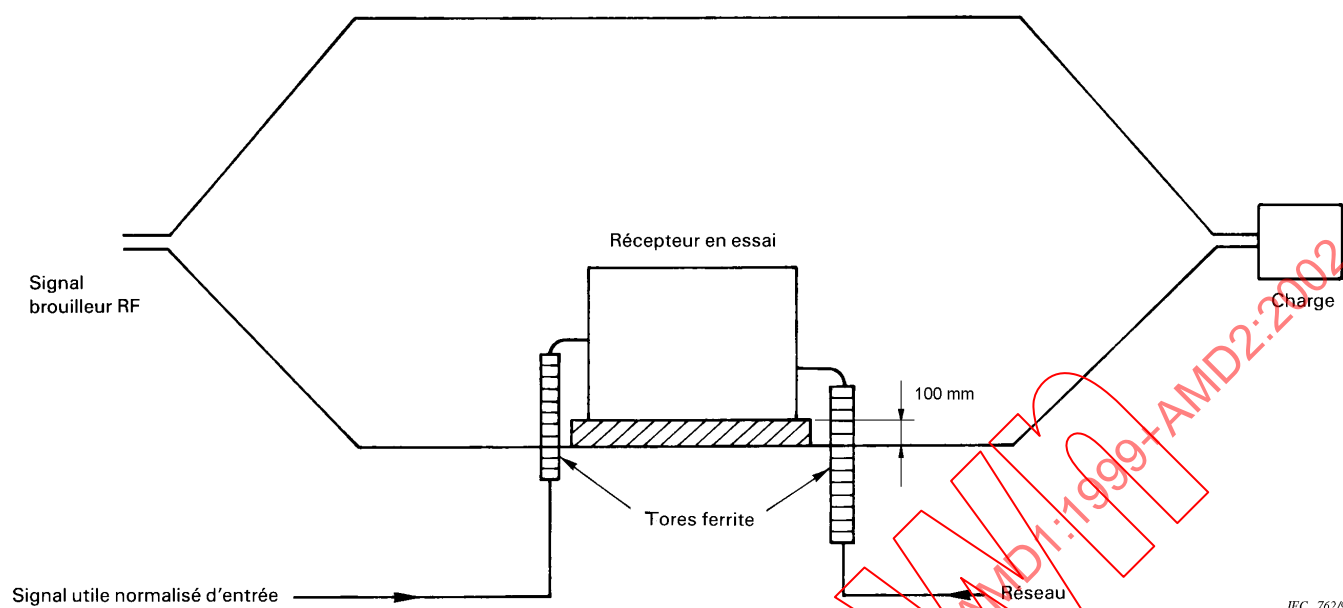
Figure 21 – Exemple de disposition d'une cellule TEM ouverte utilisant des panneaux absorbants à l'intérieur d'une chambre blindée de 3 m x 3,5 m (voir 3.3.1.1)



1 to 11: absorbing panels with dimensions of approximately 0.8 m x 0.4 m

IEC 761/96

Figure 21 – Example of the arrangement of an open stripline TEM device in combination with absorbing panels inside a screened room with dimensions 3 m x 3,5 m (see 3.3.1.1)



**Figure 22 – Dispositif de mesure pour l'immunité aux champs ambiants
des récepteurs de radiodiffusion dans la gamme de
fréquence 0,15 MHz – 150 MHz (voir 3.3.1.1)**

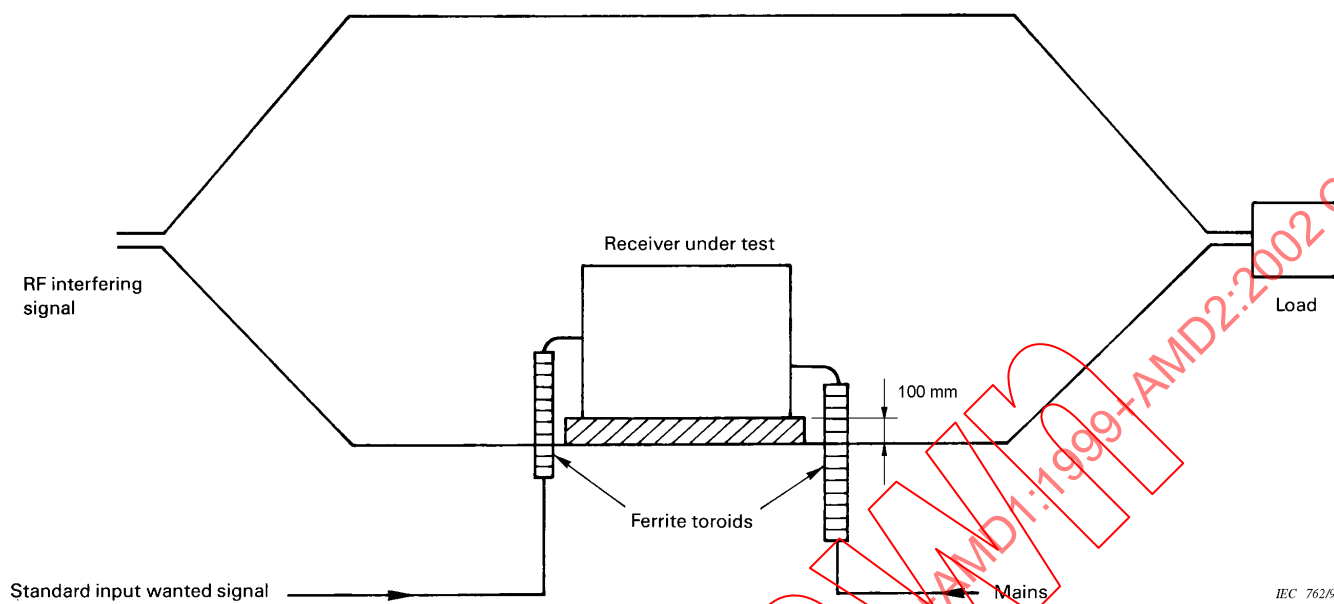


Figure 22 – Measuring set-up for the immunity of broadcast receivers to ambient fields in the frequency range of 0,15 MHz – 150 MHz
(see 3.3.1.1)

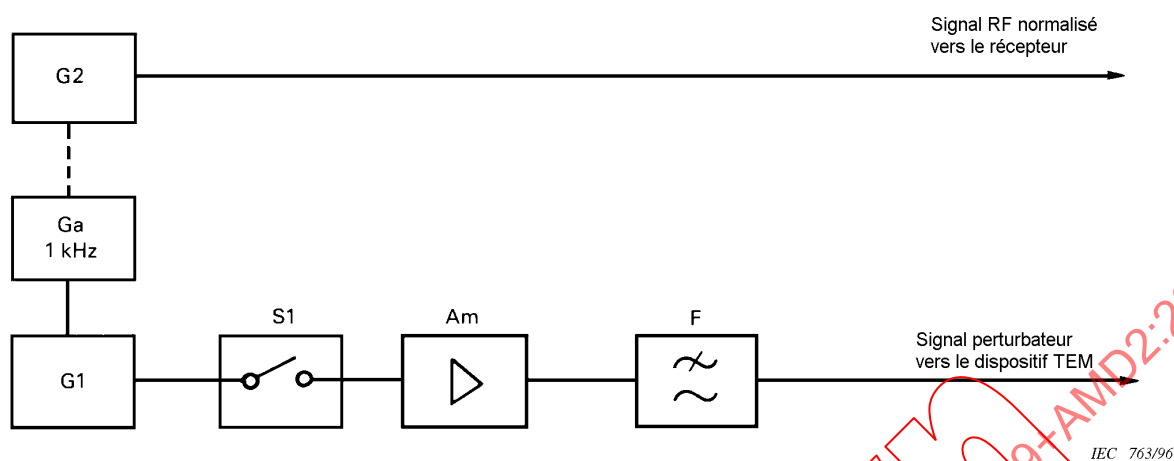


Figure 23 – Circuit de mesure pour l'immunité aux champs ambiants des récepteurs de radiodiffusion sonore (voir 3.3.1.1.1)

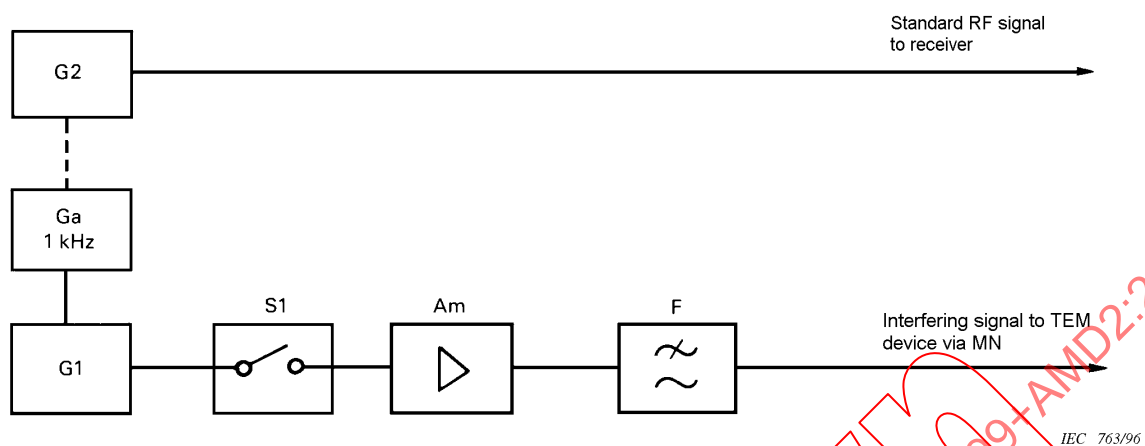


Figure 23 – Measuring circuit for the immunity of sound broadcast receivers to ambient fields (see 3.3.1.1.1)

Annexe A (informative)

Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif (voir 2.2)

A.1 Introduction

La présente annexe a pour but de fournir des indications générales sur les techniques pouvant servir à évaluer les perturbations produites par certains matériels électriques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. Cette annexe donne des informations sur les méthodes de connexion de ces matériels au réseau fictif pour la mesure des tensions aux bornes. Un tableau présente les différents cas généralement rencontrés dans la pratique pour lesquels une technique appropriée peut être choisie.

Les cas décrits ci-dessous en A.2 identifient la propagation de la perturbation du matériel en essai:

- a) soit par **conduction** le long des cordons d'alimentation raccordés (désignés par E_1 et I_1 dans les schémas de circuit équivalents),
- b) soit par **rayonnement** et par un couplage avec le cordon d'alimentation raccordé (désigné par E_2 et I_2 dans les schémas de circuit équivalents).

Le fait que la perturbation soit plutôt conduite ou rayonnée dépend en partie de la disposition du matériel en essai par rapport à la référence de sol (y compris le type de connexion à la masse de référence) et du type de connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif (câble blindé ou non).

A.2 Classification des différents cas possibles

A.2.1 Matériels en essai correctement blindés mais mal filtrés (figures A.1 et A.2)

Dans ce cas, la composante de perturbation conduite représentée par le courant I_1 domine. Le courant perturbateur I_1 est injecté sur le réseau fictif Z par le matériel en essai. Par conséquent, la tension U_1 augmente quand on fait augmenter la capacité C_1 entre le blindage du matériel en essai et la masse de référence (voir figure A.1). La tension U_1 atteint son maximum ($U_1 = ZI_1 = E_1$) quand on minimise l'impédance du trajet de retour du courant en court-circuitant C_1 directement ou en utilisant des câbles blindés pour alimenter le matériel en essai (voir figure A.2). (Voir également la discussion de l'annexe A.3.)

A.2.2 Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (figures A.3 et A.4)

Dans ce cas, le courant perturbateur injecté dans le réseau est pratiquement nul, et la tension dans le réseau fictif est susceptible d'être dominée par un rayonnement parasite provenant soit d'ouvertures dans un blindage imparfait, soit d'un conducteur sortant du blindage et formant antenne. Ces fuites peuvent être représentées schématiquement par une capacité externe C_2 connectée entre une source de f.é.m. perturbatrice interne E_2 et la masse. Cette capacité C_2 est traversée par un courant I_2 . Une partie du courant I_2 qui traverse C_2 en direction de la masse de référence circule en retour au travers de C_1 et une partie de I_2 circule en retour au travers du réseau fictif. Si les cordons d'alimentation ne sont pas blindés (figure A.3) et que l'impédance de C_1 est grande par rapport à l'impédance du réseau fictif Z ($ZC_1 \omega \ll 1$), I_2 est voisin de I_1 et la tension U_2 est voisine de I_2Z ($U_2 = ZI_2$).

Si l'on augmente C_1 , on shunte Z et U_2 diminue. A la limite, lorsque l'on court-circuite C_1 en alimentant le matériel en essai par des cordons blindés (figure A.4), de façon que I_2 ne traverse absolument pas Z , U_2 devient nulle.

Annex A (informative)

Guidelines to connection of electrical equipment to the artificial mains network (see 2.2)

A.1 Introduction

This annex is intended to give general guidance in the techniques which can be used to assess the disturbance generated by certain electrical equipment in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. It provides information on methods of connection of such equipment to the artificial mains network for the measurement of terminal voltages. A table is provided giving a general presentation of various cases encountered in practice enabling, for such cases, a suitable technique to be selected.

The cases described below in A.2 identify propagation of the EUT disturbance either:

- a) by **conduction** along the connected mains leads (designated with E_1 and I_1 in the equivalent circuit diagrams), or
- b) by **radiation** and coupled to the connected mains lead (designated with E_2 and I_2 in the equivalent circuit diagrams).

Whether conducted or radiated disturbance dominates is partly dependent on the arrangement of the EUT with respect to the ground reference (including the type of connection to the reference ground) and of the type of connection from the EUT to the artificial mains network (shielded or non-shielded cable).

A.2 Classification of the possible cases

A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (figures A.1 and A.2)

In this case, the conducted disturbance component represented by the current I_1 dominates. The disturbance current I_1 is fed from the EUT to the artificial mains network Z . Consequently, the voltage U_1 increases when capacitance C_1 between the EUT shield and the ground reference increases (see figure A.1). The voltage U_1 is maximized ($U_1 = ZI_1 = E_1$) when the impedance of the current return path is minimized by short-circuiting C_1 either directly or by using shielded cables to supply the EUT (see figure A.2). (Also, see the discussion in clause A.3.)

A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (figures A.3 and A.4)

In this case, the disturbance current fed to the mains is reduced practically to zero, and the voltage across the artificial mains network may be dominated by undesirable radiation either from gaps in an incomplete shield or from a protruding conductor acting as an antenna. Such leakage can be represented schematically by an external capacitor C_2 connected between an internal disturbance source of e.m.f. E_2 and ground reference. This capacitance C_2 passes a current I_2 . Part of the current I_2 which flows through C_2 to the ground reference returns via C_1 and a part of I_2 returns via the artificial mains network. If the supply leads are unshielded (figure A.3) and the impedance of C_1 is large compared with the artificial mains impedance Z ($ZC_1 \omega \ll 1$), then I'_2 is nearly equal to I_2 and the voltage U_2 is nearly equal to I_2Z ($U_2 = ZI_2$).

If C_1 is increased, Z is shunted and U_2 will decrease. At the limit, when C_1 is short-circuited by supplying the EUT through shielded cables (figure A.4), so that no part of I_2 flows through Z , then U_2 will be zero.

A.2.3 Cas général

Le plus souvent en pratique, les blindages et filtrages sont imparfaits; les deux effets précédents se manifestent alors simultanément et se superposent. On peut, dans ces conditions, rencontrer les trois cas suivants.

A.2.3.1 Alimentation par des conducteurs blindés (figure A.5)

Le courant I_1 dû aux fuites par rayonnement se ferme par la masse et les surfaces externes du blindage du réseau fictif et des conducteurs d'alimentation; son effet sur Z est nul.

La tension U_1 , mesurée aux bornes de Z , est produite uniquement par le courant I_1 , injecté sur les conducteurs d'alimentation, avec retour par les surfaces internes du blindage du réseau fictif et de ces conducteurs. La tension U_1 a alors sa valeur maximale:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

A.2.3.2 Alimentation par des conducteurs non blindés mais filtrés (figure A.6)

Si l'on ajoute, à l'entrée du matériel en essai, un filtre passe-bas très efficace dont le blindage est relié directement à celui du matériel en essai, le courant I_1 injecté par la source E_1 sur le circuit d'alimentation est bloqué par le filtre.

Comme dans le cas de la figure A.6, le courant I_2 dû au rayonnement se ferme pratiquement par Z et par les conducteurs (si $ZC_1 \omega \ll 1$); la tension U_2 mesurée aux bornes de Z est alors produite uniquement par le rayonnement.

A.2.3.3 Alimentation par des conducteurs ordinaires (figure A.7)

Si l'on retire le filtre de la figure A.6, le courant I_1 injecté par la source E_1 sur les conducteurs réapparaît (figure A.7). Par rapport à la figure A.5 (valeur I_1 la plus grande possible pour l'alimentation d'un matériel en essai non filtré au travers des conducteurs blindés), la valeur de I_1 au niveau de la figure A.7 (alimentation d'un matériel en essai non filtré au travers des conducteurs ordinaires, c'est-à-dire non blindés), si $ZC_1 \omega \ll 1$, est réduite à une valeur minimale dans le rapport I_1 (matériel non blindé) / I_1 (matériel blindé) = $ZC_1 \omega$ par rapport à sa valeur minimale (figure A.2). Le courant I_2 n'est pas modifié par rapport aux cas précédents, mais comme les conducteurs ne sont pas blindés, il se ferme également par Z et par les conducteurs d'alimentation.

La tension U , mesurée aux bornes du réseau fictif, résulte alors de la superposition des courants I_1 et I_2 . Dans le cas où les forces électromotrices E_1 et E_2 sont produites par une source interne commune, ces deux courants sont synchrones; la tension U dépend donc non seulement de leurs valeurs, mais également de leur déphasage. Il peut arriver, pour certaines fréquences, que I_1 et I_2 se trouvent en opposition. Dans ce cas, si I_1 et I_2 sont du même ordre de grandeur, la tension U peut devenir très faible, même si I_1 et I_2 ont des valeurs importantes. De plus, si la fréquence de la source de perturbation varie, l'opposition de phase peut disparaître et la tension U peut varier rapidement de façon très importante.

A.3 Méthode de mise à la masse

Dans ce qui précède, on a supposé que la mise à la masse du matériel en essai était réalisée par la connexion du blindage des conducteurs d'alimentation à la masse de référence.

Cette solution est la seule correcte pour réaliser une mise à la masse franche permettant la séparation nette des deux espèces de courant I_1 et I_2 , comme indiqué ci-dessus. Elle est applicable sans exception, à toutes les fréquences.

A.2.3 Practical general case

Most usually in practices, neither the shielded nor the filtering are perfect; the two preceding effects then occur simultaneously and they are additive. In such conditions, the three following cases may be encountered.

A.2.3.1 Supply through shielded conductors (figure A.5)

The current I_1 caused by leakage due to radiation flows in a circuit closed through ground and the external surfaces of the screening of the artificial mains network and of the supply conductors; it has no effect on Z .

The voltage U_1 , which may be measured across Z , is solely due to the current I_1 injected into the supply conductors and returning through the internal surfaces of the screening of the artificial mains network and these conductors. The voltage U_1 is then maximum:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

A.2.3.2 Supply through unshielded but filtered conductors (figure A.6)

If a highly efficient low-pass filter is connected to the input of the EUT, with its screening directly connected to the screening of the EUT, the current I_1 fed by source E_1 to the mains conductors will be stopped by the filter.

As in the case represented in figure A.6, the current I_2 due to the radiation returns through Z and the conductors (if $ZC_1 \omega \ll 1$); the voltage U_2 measured across Z is then produced solely by the radiation.

A.2.3.3 Supply through ordinary conductors (figure A.7)

Should the filter in figure A.6 be removed, the current I_1 from source E_1 reappears on the conductors (figure A.7). In comparison to figure A.5 (with the maximum possible value of I_1 for the supply of a non-filtered EUT through shielded conductors) the value of I_1 in figure A.7 (supply of a non-filtered EUT through ordinary i.e. unshielded conductors) is, if $ZC_1 \omega \ll 1$, reduced to a minimum value in the ratio of I_1 (EUT unshielded) / I_1 (EUT shielded) = $ZC_1 \omega$ referred to its minimum value (figure A.2). The current I_2 is the same as in the previous cases, but as the conductors are not shielded, it passes also through Z and the mains conductors.

The voltage U across the artificial mains network results then from the superposition of currents I_1 and I_2 . When electromotive forces E_1 and E_2 are themselves produced by a common internal source, these currents are synchronous and the voltage U depends not only on their values but also on their phases. For certain frequencies, it may occur that currents I_1 and I_2 are in opposition and if they are also of approximately the same magnitude, the voltage U may become very small even if I_1 and I_2 are individually quite large. Moreover, if the frequency of the source varies, the phase opposition may not remain constant and voltage U may show rapid and considerable variations.

A.3 Method of grounding

In the foregoing, the connection to ground of the EUT was assumed to be made through connection of shielding of the supply conductors to the ground reference.

This is the only correct solution in order to obtain a grounding allowing a clear distinction between the two kinds of currents I_1 and I_2 , as indicated above. It may be applied, without exception to all frequencies.

Pour des fréquences inférieures à 1,6 MHz, on obtient pratiquement le même résultat en réalisant la mise à la masse du matériel par un conducteur linéaire de faible longueur (maximum 1 m), disposé parallèlement au cordon d'alimentation et à une distance de ce dernier inférieure à 10 cm.

Pour les fréquences supérieures à quelques mégahertz, cette solution simplifiée doit être utilisée avec prudence, particulièrement aux fréquences élevées. Il est par conséquent fortement recommandé d'utiliser des conducteurs blindés dans tous les cas. Pour des fréquences supérieures, il peut être nécessaire de tenir compte de l'impédance caractéristique du conducteur.

A.4 Conditions de mise à la masse

A.4.1 Généralités

A.4.1.1 Règles générales

A la lumière des considérations ci-dessus, il apparaît que le comportement du circuit de mesure de la tension aux bornes du réseau fictif et, par conséquent, le résultat des mesures, dépend d'une façon très importante des conditions de liaison entre le matériel en essai et la masse. Il importe donc de bien préciser ces conditions.

En principe, la conséquence essentielle de la mise à la masse est de séparer physiquement les deux courants I_1 et I_2 et éventuellement de faire varier en sens inverse leurs actions respectives sur l'appareil de mesure (tension U aux bornes de Z). Dans le cas limite d'une liaison directe entre le corps du matériel en essai et la masse, réalisant un court-circuit de C_1 , le courant d'injection I_1 est maximal, donc également la tension correspondante $U_1 = ZI_1 \approx E_1$; le courant I_2 , dû au rayonnement, est au contraire entièrement dérivé par ce court-circuit et la tension correspondante U_2 est nulle.

On déduit de ces remarques les règles générales suivantes.

A.4.1.1.1 La mise à la masse franche s'impose pour les essais:

- a) dans le cas d'un matériel en essai non rayonnant (par exemple un moteur), parce qu'on mesure alors la valeur maximale de la tension perturbatrice que l'on peut obtenir en pratique;
- b) dans le cas d'un matériel en essai rayonnant mal filtré, lorsque, sans s'occuper de mesurer le rayonnement, on veut seulement mesurer de la tension perturbatrice due à l'injection directe dans les conducteurs d'alimentation:
 - 1) soit pour évaluer l'efficacité du filtre placé sur le matériel (par exemple pour les bases de temps d'un récepteur de télévision);
 - 2) soit pour évaluer, en laboratoire, la perturbation réelle produite par un matériel dont, en service normal, le rayonnement est supprimé par un blindage (par exemple pour un transformateur d'allumeur de chaudière à mazout).

For frequencies below 1,6 MHz practically the same result may be achieved by grounding through a straight lead of small length (1 m maximum), running parallel to the mains lead and not more than 10 cm distant from it.

For frequencies above a few MHz, this simplified solution should only be used with care, especially at the higher frequencies. It is then strongly recommended that screened conductors be used in all cases. At the higher frequencies, it may be necessary to take into account the characteristic impedance of the conductor.

A.4 Conditions of grounding

A.4.1 General

A.4.1.1 General rules

It appears from the considerations discussed above that the behaviour of the measuring circuit for the voltage across the artificial mains network and, hence, the result of these measurements, is largely dependent on how the frame of the EUT being tested is connected to ground. It is therefore essential to specify these conditions closely.

Essentially, the principal effect of grounding is to separate the two currents I_1 and I_2 and possibly to cause opposing variations of their respective actions on the measuring apparatus (which measures voltage U across Z). In the limiting case of a direct connection from the body of the EUT to ground, which short-circuits C_1 , the values of current I_1 and thus of voltage $U_1 = ZI_1 \approx E_1$, are maximum; on the contrary, the current I_2 due to radiation passes entirely through this short circuit and the corresponding voltage U_2 is reduced to zero.

From these remarks, the following general rules are drawn.

A.4.1.1.1 Direct grounding should always be used when testing:

- a) a non-radiating EUT (e.g. a motor) as, in such a case, the measurement yields the maximum value of the disturbance voltage which may be met in practice;
- b) a poorly filtered radiating EUT when, without troubling to measure the radiation, it is wished to measure solely the disturbance voltage due to direct injection into the supply conductors:
 - 1) either for assessing the efficiency of the filter (for instance, for the time base circuits of television receivers),
 - 2) or for assessing, in the laboratory, the actual disturbance produced by an apparatus whose radiation in normal operation will be suppressed by shielding (e.g. a transformer for the ignition system of fuel for boilers).

A.4.1.2 Mise à la masse franche

Il convient de ne pas utiliser la mise à la masse franche dans le cas des essais pratiqués dans le cadre du 1) de A.4.1.1.1 sur un matériel en essai très bien filtré, donnant lieu à un rayonnement important (par exemple ozoniseurs, appareils médicaux à ondes amorties, soudeuses à arc, etc.). Dans tous ces cas, la tension mesurée aux bornes du réseau fictif devient très faible pour une mise à la masse franche alors que, sans mise à la masse, la tension peut être très importante ou irrégulière. La mesure n'a alors plus de sens et il peut s'avérer nécessaire de réaliser la mise à la masse par l'intermédiaire d'une impédance spécifiée afin de simuler l'impédance réelle du conducteur de mise à la terre de sécurité (PE), par exemple une bobine d'arrêt fournissant en outre une isolation RF par rapport à la terre «polluée» et offrant donc une «mauvaise» terre de protection (voir fin du tableau A.2).

NOTE L'impédance d'un conducteur «électrique long» est, dans le cas d'un matériel en essai de Classe de protection I, normalement égale à l'impédance de simulation d'alimentation spécifiée aux bornes d'alimentation du matériel en essai fournie par le réseau fictif (constitué par le réseau de $50 \mu\text{H} + 1 \Omega$ qui, en raison des problèmes thermiques existants dans le cas de charges à fort courant, peut se réduire à un réseau de $50 \mu\text{H}$).

A.4.1.3 Pas de mise à la masse

Dans le cas où il n'y a aucune liaison de masse, la tension aux bornes du réseau fictif résulte de la superposition des deux courants I_1 et I_2 . La mesure ne peut seulement être obtenue que si l'un de ces courants est nul, si l'on a affaire soit à un matériel en essai très bien blindé et mal filtré (par exemple un moteur) soit à un matériel très bien filtré mais rayonnant (par exemple un récepteur de télévision, un ozoniseur, etc.).

NOTE Si, dans le cas d'un matériel en essai correspondant à la Classe de protection I pour les besoins de l'analyse de I_2 , l'impédance selon la note de A.4.1.2 n'est pas suffisante pour réduire I_1 , une bobine d'arrêt de forte impédance (1,6 mH) peut être insérée dans le trajet du conducteur de terre.

En générale, la mesure fournit seulement, sans permettre aucune discrimination, la valeur de la perturbation globale, les résultats étant valables uniquement dans les conditions utilisées pour l'essai. Il convient alors de bien spécifier ces conditions, c'est-à-dire les valeurs des capacités des divers éléments du matériel en essai par rapport à la masse (par exemple capacité du câble d'antenne dans le cas d'un récepteur de télévision). En outre, une mesure unique sur une fréquence arbitraire n'a pas de sens si, pour cette fréquence, les courants I_1 et I_2 se trouvent en opposition. Il est donc nécessaire, par principe, d'effectuer les mesures à plusieurs fréquences.

A.4.2 Classement des conditions d'essai typiques

Les tableaux A.1 et A.2 résument les diverses conditions d'essai et les types de matériels en essai pour lesquels il convient de les mettre en œuvre. Ils indiquent la signification des mesures, c'est-à-dire la grandeur physique qui correspond à la tension U mesurée entre les bornes du réseau fictif Z, ainsi que les précautions à prendre lors de la mesure.

A.5 Connexion du réseau fictif comme sonde de tension

La mesure des émissions conduites provenant d'un appareil en essai dont le courant de fonctionnement est élevé peut entraîner des difficultés. Il existe des réseaux fictifs pour la bande de fréquences de 9 kHz à 150 kHz (30 MHz) et pour des courants jusqu'à environ 25 A. Il existe des réseaux fictifs pour la bande de fréquences de 150 kHz à 30 MHz ($50 \mu\text{H}$ en parallèle sur 50Ω) jusqu'à environ 200 A.

Les appareils en essai ayant des courants supérieurs peuvent être mesurés en utilisant le réseau fictif comme une sonde de tension. Cette autre solution est également utile pour les mesures *in situ*, si elle est prise en référence dans la norme de produit applicable.

A.4.1.2 Direct grounding

Direct grounding should not be used when testing item 1) of A.4.1.1.1 either for a very well-filtered EUT which generates considerable radiation (for example, ozonizer, medical apparatus with damped oscillations, arc welders, etc.). In all these cases, the voltage across the artificial mains network becomes very small with direct grounding, while without such grounding the voltage may be quite large or unsteady. The measurement may then be meaningless and it may become necessary to make the grounding through a specified impedance in order to simulate the actual impedance of the safety ground (protective earth) conductor, e.g. by a protective ground choke which additionally provides some RF isolation from the "polluted" and therefore "poor" protective earth ground (see lower part of table A.2).

NOTE The impedance of such an "electrical long" conductor is in case of an EUT of safety protection Class I normally equal to the mains simulation impedance specified as termination for the mains terminals of the EUT provided by the artificial mains network (constituted by the network of $50\ \mu\text{H} + 1\ \Omega$ which, due to thermal problems in case of high current loads, may be reduced to a network of $50\ \mu\text{H}$).

A.4.1.3 No grounding

Without any grounding, the voltage across the artificial mains network results from the addition of both currents I_1 and I_2 . A measurement can only be obtained when one of these currents is reduced to zero, either with a very well-screened shielded but poorly filtered EUT (e.g. a motor) or with a very well-filtered but radiating EUT (e.g. a television receiver, an ozonizer, etc.).

NOTE If in case of an EUT of safety protection Class I for the purpose of analysis of I_2 , for the reduction of I_1 the impedance according to the note under A.4.1.2 is not sufficient, a high impedance RF choke (1,6 mH) may be inserted into the ground conductor path.

The measurement usually yields only the value of the total disturbance, without allowing any discrimination, the results being only valid for the conditions used during the test. Such conditions should then be very well defined, namely the values of the capacitance to the ground plane of the various elements of the EUT (for instance, the capacitance of the transmission line from the aerial in the case of a television receiver). Moreover, a single measurement for one arbitrary frequency has no significance if, for this frequency, currents I_1 and I_2 are in opposition. As a matter of principle, then, it is necessary to make measurements at a number of frequencies.

A.4.2 Classification of typical testing conditions

Tables A.1 and A.2 summarize the various testing conditions and the types of EUTs for which they are suitable. The tables also give the meaning of the measurement, that is, the physical quantity which corresponds to the voltage U measured across the artificial mains network Z and also the precautions to be taken when making the measurement.

A.5 Connection of the AMN as a voltage probe

Conducted emission measurements of EUTs with high operational currents may cause difficulties. AMNs for the frequency range 9 kHz to 150 kHz (30 MHz) are available to approximately 25 A nominal current. AMNs for the frequency range 150 kHz to 30 MHz ($50\ \mu\text{H}$ parallel to $50\ \Omega$) are available to approximately 200 A.

EUTs with higher current rating may be tested using the AMN as a voltage probe. This alternative solution is also helpful for *in situ* measurement, if referred to in the applicable product standard.

Tableau A.1 (voir A.4.2)

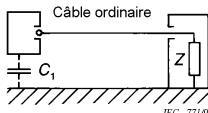
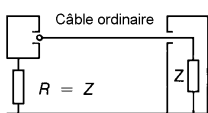
Méthode de connexion	Types d'appareils			Grandeur mesurée	Détails de la mesure	
	Exemples	Caractéristiques essentielles				
		Mise à la terre	Rayonnement	Filtrage		
 	Moteurs Appareils électrodomestiques	Sans	Faible	Modéré	Perturbations (antiparasitées) réelles dues uniquement au courant injecté C_1	Les perturbations dépendent de C_1
	Ozonizateurs		Fort	Très bon	Perturbations réelles dues uniquement au courant rayonné I_2	Il est nécessaire de préciser la position de l'appareil par rapport à la terre ou de donner la valeur de C_1
	Appareils médicaux			Modéré	Les perturbations globales totales sont la somme des deux effets précédents (I_1 et I_2)	
	Soudage à l'arc				Ces deux effets (I_1 et I_2) peuvent se trouver en opposition de phase à certaines fréquences	
	Récepteurs TV (bases de temps)	Fort	Modéré	Perturbations réelles engendrées avec une connexion à la terre de longueur normale	Les mesures sont à répéter en faisant varier la fréquence	
	Avec	Très bon	Perturbations réelles engendrées avec une connexion à la terre de longueur normale	Il y a lieu de spécifier la position de l'appareil par rapport à la terre pour que $RC_1\omega < 1$		

Tableau A.2 (voir A.4.2)

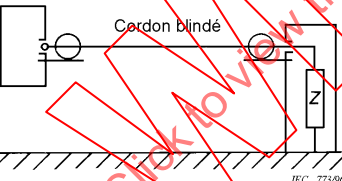
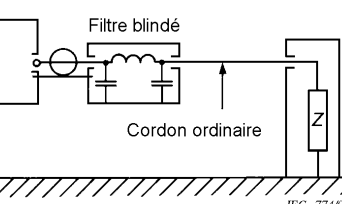
Méthode de connexion	Types d'appareils	Grandeur mesurée	Exemples	Détails de la mesure
	Appareils non rayonnants avec prise de terre	Perturbations maximales réelles avec C_1 court-circuité	Tous les moteurs avec prise de terre	
	Appareils rayonnants quand on veut mesurer uniquement les perturbations engendrées sur le courant d'alimentation du réseau	Contrôle de l'efficacité du blindage	Récepteurs TV Appareils médicaux Ozonisateurs Soudage à l'arc	
		Perturbations réelles causées par un appareil qui doit être soigneusement blindé en usage normal	Transformateurs des systèmes d'allumage des brûleurs à fioul. Partie d'un ensemble blindé essayée seule	
	Appareils mal filtrés quand on veut mesurer uniquement les perturbations engendrées par rayonnement	Contrôle de l'efficacité	Récepteurs TV Appareils industriels HF	il y a lieu de spécifier la position de l'appareil par rapport à la terre pour que $ZC_1\omega < 1$
		Perturbations réelles causées par un appareil qui doit être muni d'un bon filtre en usage normal	Eclairage fluorescent	

Table A.1 (see A.4.2)

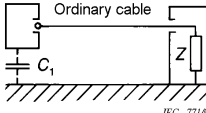
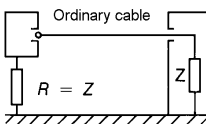
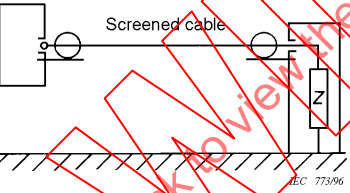
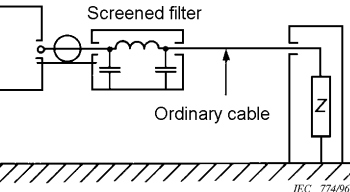
Method of connection	Types of apparatus			Quantity measured	Details of the measurement	
	Examples	Essential characteristics				
		Earthing	Radiation			Filtering
 Ordinary cable C_1 IEC 771/96	Motors Electro-domestic appliances	Without	Weak	Moderate	Actual interference (reduced) solely due to injected current C_1	The interference depends on C_1
	Ozonizers		Strong	Very good	Actual interference solely due to radiation current I_2	It is necessary to state accurately the position of the appliance with regard to earth or to quote the value of C_1
	Medical apparatus			Moderate	Total overall interference resulting from the superposition of the two preceding effects (I_1 and I_2)	
	Arc-welding Television receivers (time-base)				These two effects (I_1 and I_2) may be in phase opposition at certain frequencies	Measurement should be repeated, the frequency being varied
 Ordinary cable $R = Z$ IEC 772/96		With	Very good	Actual interference produced with an earth connection of usual length	The position of the appliance with regard to earth should be specified in order that $RC_1\omega < 1$	

Table A.2 (see A.4.2)

Method of connection	Types of apparatus	Quantity measured	Examples	Details of the measurement
 Screened cable IEC 773/96	Non-radiating appliances provided with an earth terminal	Maximum actual interference as C_1 is short-circuited	All motors provided with an earth terminal	
	Radiating appliances when it is desired to measure only the interference caused by current feed to mains	Check on the efficacy of the screening	Television receivers Medical apparatus Ozonizers Arc-welding	
		Actual interference caused by an appliance which, in normal use, must be carefully screened	Transformer for the ignition system of oil burners Part of a screened assembly separately tested	
 Screened filter Ordinary cable IEC 774/96	Poorly filtered appliances when it is desired to measure only the interference caused by radiation	Check on the efficacy of the screening	Television receivers. High-frequency industrial apparatus	The position of the appliance with regard to earth should be specified in order that $ZC_1\omega < 1$
		Actual interference caused by an appliance which, in normal use, must be provided with a good filter	Fluorescent lighting	

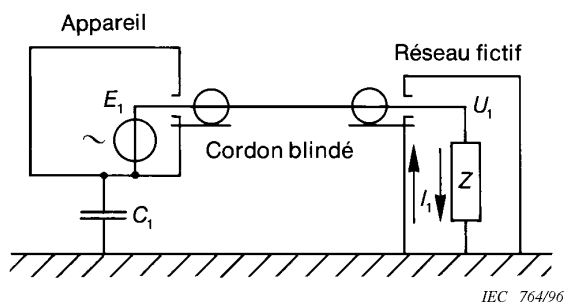


Figure A.1 (voir A.2.1)

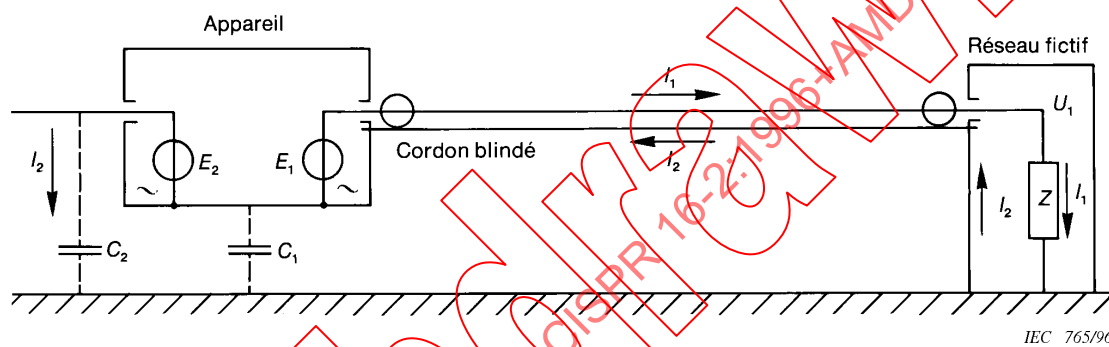


Figure A.2 (voir A.2.1)

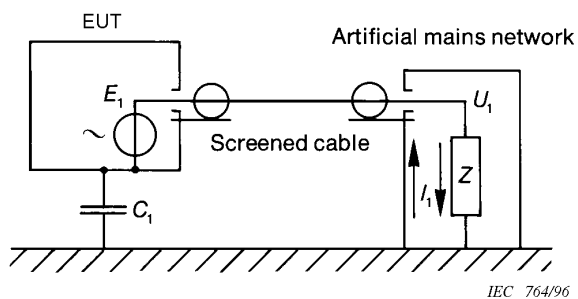


Figure A.1 (see A.2.1)

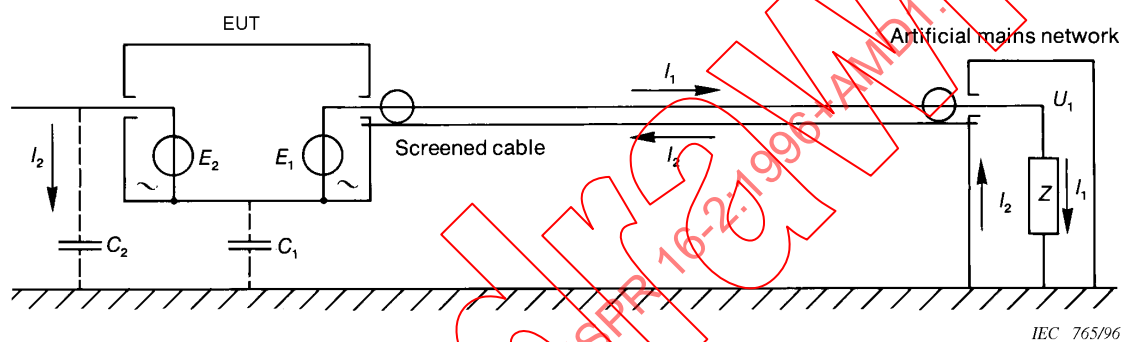


Figure A.2 (see A.2.1)

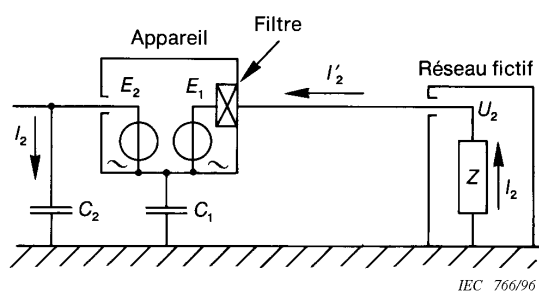


Figure A.3 (voir A.2.2)

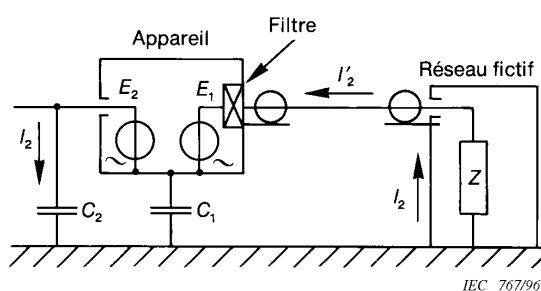


Figure A.4 (voir A.2.2)

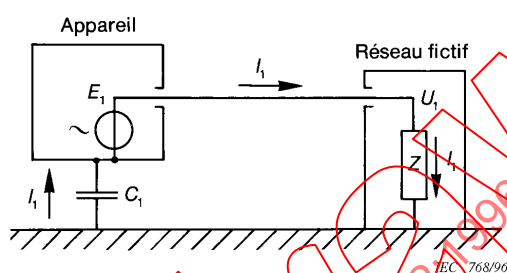


Figure A.5 (voir A.2.3.1)

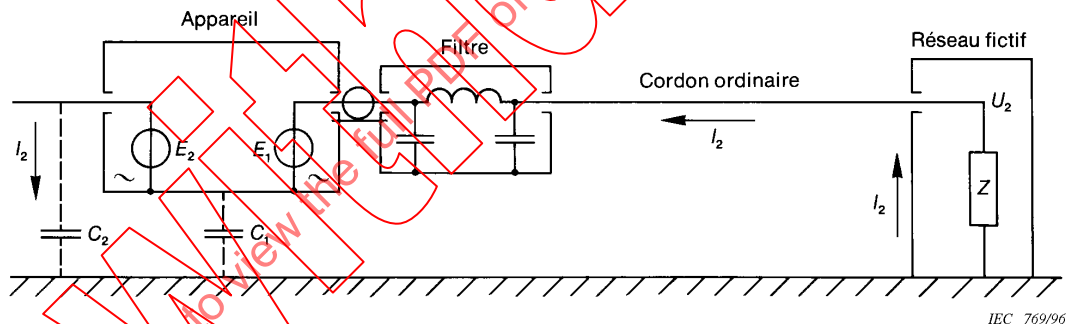


Figure A.6 (voir A.2.3.2)

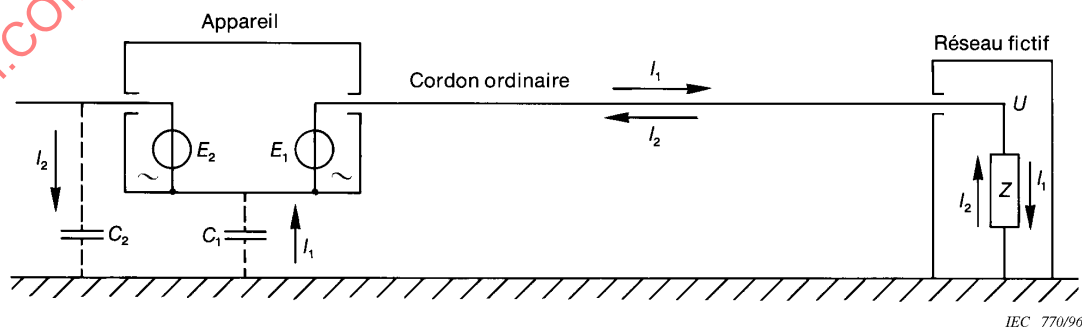


Figure A.7 (voir A.2.3.3)

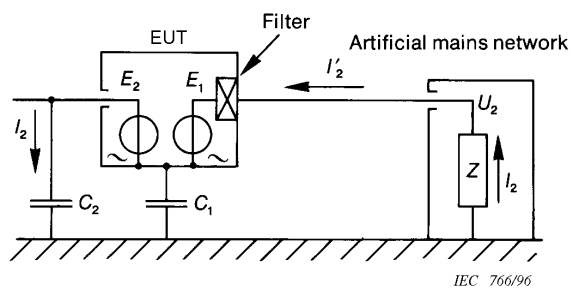


Figure A.3 (see A.2.2)

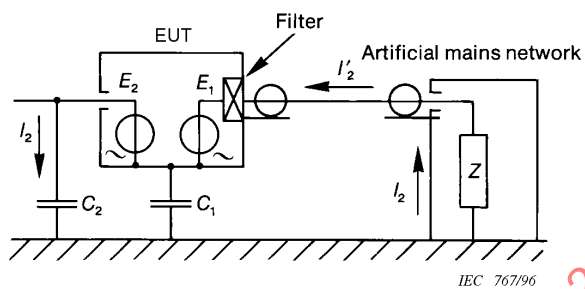


Figure A.4 (see A.2.2)

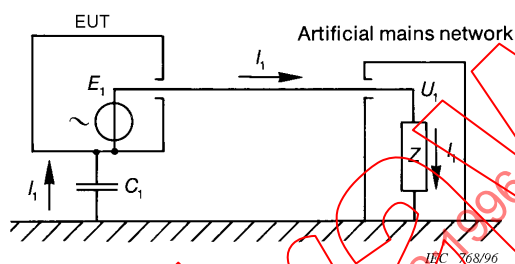


Figure A.5 (see A.2.3.1)

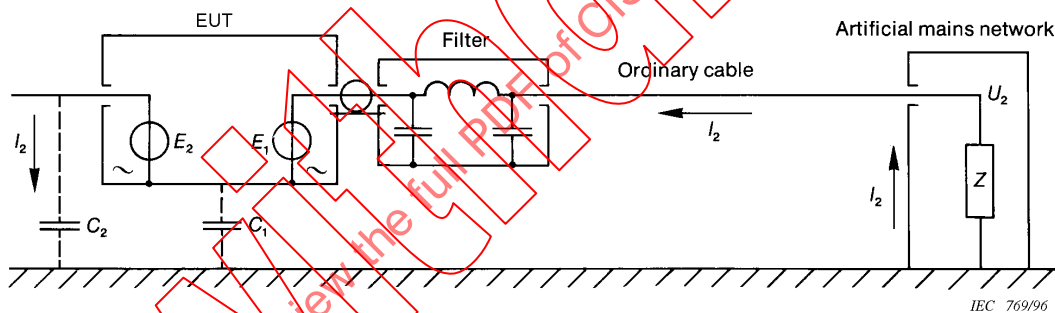


Figure A.6 (see A.2.3.2)

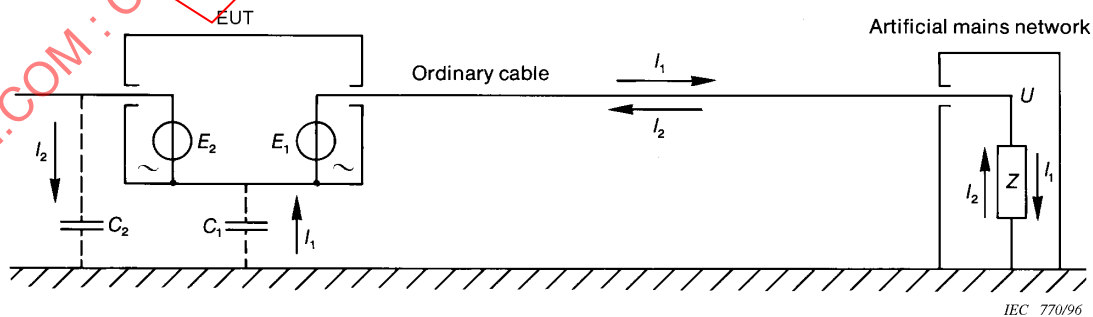
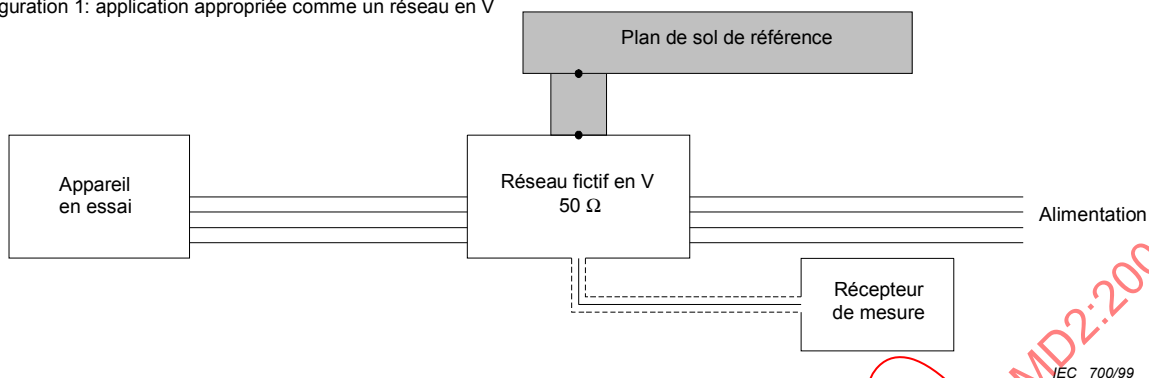
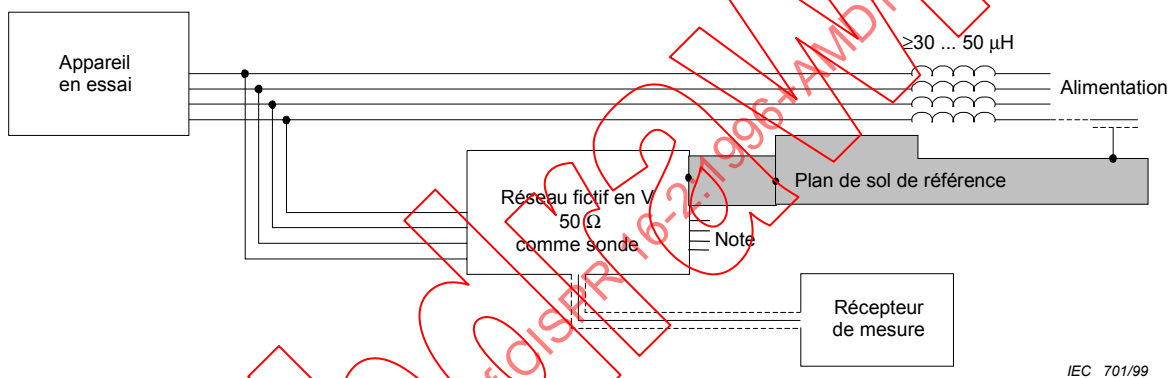


Figure A.7 (see A.2.3.3)

Configuration 1: application appropriée comme un réseau en V



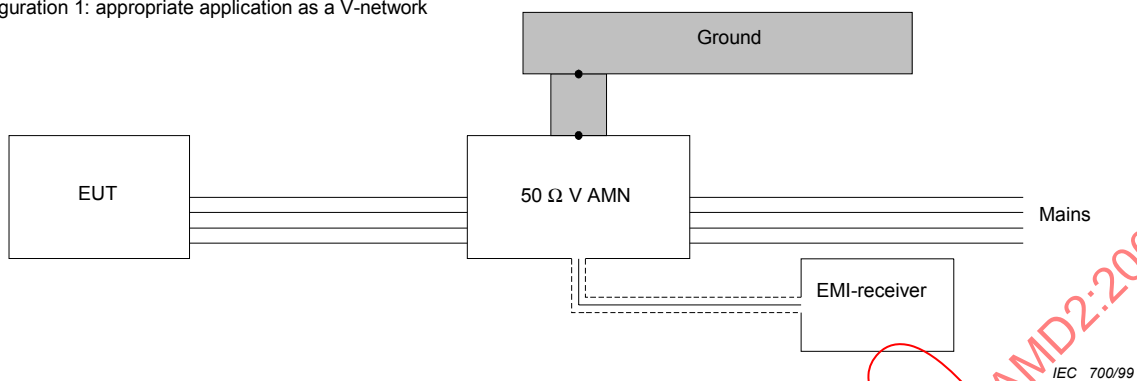
Configuration 2: application comme sonde de tension



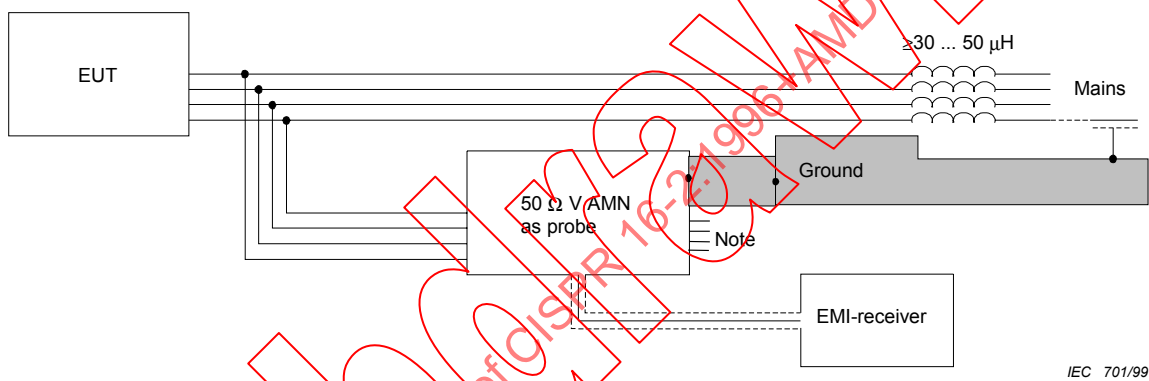
NOTE Les broches exposées doivent être rendues sûres.

Figure A.8 – Configurations du réseau fictif (voir A.5)

Configuration 1: appropriate application as a V-network



Configuration 2: application as a voltage probe



NOTE Exposed pins must be made safe

Figure A.8 – AMN configurations (see A.5)

Annexe B (informative)

Utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage (voir article 2.3)

B.1 Introduction

Il convient de prendre en considération les caractéristiques suivantes lors de l'utilisation des analyseurs de spectre et des appareils de mesure à balayage.

B.2 Surcharge

La plupart des analyseurs de spectre n'ont pas de présélection RF dans la gamme de fréquences jusqu'à 2000 MHz; c'est-à-dire que le signal d'entrée est directement injecté dans un mélangeur à large bande. Afin d'éviter la surcharge, de prévenir les dommages et de faire fonctionner un analyseur de spectre linéairement, il convient que l'amplitude du signal au niveau du mélangeur soit inférieure à 150 mV crête. Une atténuation RF ou une présélection RF peuvent être nécessaires pour réduire le signal d'entrée à ce niveau.

B.3 Essai de linéarité

La linéarité peut être déterminée en mesurant le niveau du signal spécifique étudié et en répétant cette mesure en ayant inséré un atténuateur de X dB à l'entrée du matériel de mesure ou à l'entrée du préamplificateur s'il est utilisé ($X \geq 6$ dB). Il convient que la nouvelle lecture sur l'affichage du matériel de mesure ne diffère pas de X dB à $\pm 0,5$ dB près par rapport à la première lecture lorsque le système est linéaire.

B.4 Sélectivité

L'analyseur de spectre et le matériel de mesure à balayage doivent avoir la largeur de bande spécifiée dans la CISPR 16-1, afin de mesurer correctement les signaux à large bande, les signaux en impulsions et les perturbations à bande étroite avec plusieurs composantes spectrales dans la largeur de bande normalisée.

B.5 Réponse normale aux impulsions

La réponse d'un analyseur de spectre et des appareils de mesure à balayage avec détection de quasi-crête peut être vérifiée avec les impulsions d'essai d'étalonnage spécifiées dans la CISPR 16-1. La valeur élevée de la tension de crête des impulsions d'essai d'étalonnage nécessite normalement l'insertion d'une atténuation RF de 40 dB ou plus, afin de satisfaire aux exigences de linéarité. Ceci diminue la sensibilité et rend la mesure à faible fréquence de répétition et des impulsions d'essai d'étalonnage isolées, impossible pour les bandes B, C et D. Si un filtre de présélection est utilisé avant le matériel de mesure, alors l'atténuation RF peut être diminuée. Le filtre limite la largeur de spectre de l'impulsion d'essai d'étalonnage vue par le mélangeur.

B.6 Détection crête

Le mode de détection normal (de crête) d'un analyseur de spectre donne une indication sur l'affichage qui n'est en principe jamais inférieure à l'indication de quasi-crête. Il est pratique de mesurer les émissions à l'aide d'un détecteur de crête puisque cela permet un balayage des fréquences plus rapide qu'avec un détecteur de quasi-crête. En conséquence les signaux proches des limites d'émission ont besoin d'être mesurés à nouveau à l'aide d'un détecteur de quasi-crête afin d'enregistrer les amplitudes de quasi-crête.

Annex B (informative)

Use of spectrum analyzers and scanning receivers (see clause 2.3)

B.1 Introduction

When using spectrum analyzers and scanning measuring sets, the following characteristics should be taken into account:

B.2 Overload

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation or additional RF preselection may be required to reduce the input signal to this level.

B.3 Linearity test

Linearity can be measured by measuring the level of the specific signal under investigation and repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the measuring set or, if used, the preamplifier ($X \geq 6$ dB). The new reading of the measuring set display should differ by X dB not more than $\pm 0,5$ dB from the first reading when the measuring system is linear.

B.4 Selectivity

The spectrum analyzer and scanning measuring set must have the bandwidth specified in CISPR 16-1 to correctly measure broadband and impulsive signals and narrowband disturbance with several spectrum components within the standardized bandwidth.

B.5 Normal response to pulses

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

B.6 Peak detection

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

B.7 Vitesse de balayage en fréquence

Il convient de régler la vitesse de balayage d'un analyseur de spectre ou du récepteur à balayage sur la bande de fréquences CISPR en fonction du mode de détection utilisé. La durée/fréquence minimale de balayage ou la vitesse de balayage la plus élevée est donnée dans le tableau suivant:

Bande	Détection de crête	Détection de quasi-crête
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C et D	1 ms/MHz	20 s/MHz

Pour un analyseur de spectre ou un récepteur à balayage utilisé en mode fixe sans balayage en fréquence, le balayage de l'écran peut être réglé indépendamment du mode de détection et en fonction des besoins, pour observer le comportement de l'émission. Si le niveau de perturbation n'est pas stable, on doit observer la lecture sur le matériel de mesure pendant 15 s au moins pour déterminer la valeur maximale (voir 2.3.4.1).

B.8 Interception du signal

Le spectre d'une émission intermittente peut être capturé avec un détecteur de crête et une mémoire numérique de l'écran, si elle existe. Des balayages de fréquences multiples et rapides réduisent le temps d'interception d'une émission, comparés à un seul balayage en fréquence lent. Il convient de faire varier l'instant du démarrage du balayage afin d'éviter de masquer l'émission par un synchronisme quelconque. La durée totale de l'observation pour une gamme de fréquences donnée doit être plus longue que la durée entre deux émissions. En fonction du type de perturbations mesurées, la mesure avec détection de crête peut remplacer tout ou partie des mesures nécessaires avec un détecteur de quasi-crête. Il convient alors de procéder à de nouveaux essais avec un détecteur de quasi-crête aux fréquences où les maxima d'émission ont été trouvés.

B.9 Détection de la valeur moyenne

La détection de la valeur moyenne par un analyseur de spectre s'obtient en réduisant la largeur de bande vidéo jusqu'à ce que l'on n'observe plus d'amélioration du lissage du signal affiché. La durée de balayage doit être augmentée, en fonction de la réduction de la largeur de bande vidéo, afin de maintenir l'étalonnage de l'amplitude. Pour ces mesures, le matériel de mesure doit utiliser le mode de détection linéaire. Une fois la détection linéaire réalisée, il est possible de procéder à un traitement logarithmique du signal en vue d'un affichage; dans ce cas, la valeur est corrigée même s'il s'agit du logarithme du signal détecté linéairement.

Le mode d'affichage logarithmique en amplitude peut être utilisé, notamment pour distinguer plus facilement les signaux à bande étroite de ceux à large bande. La valeur affichée est la moyenne de l'enveloppe du signal en fréquence intermédiaire déformé logarithmiquement. Il en résulte une atténuation des signaux à large bande plus importante qu'en mode de détection linéaire, sans affecter l'affichage des signaux à bande étroite. Le filtrage vidéo en mode logarithmique est particulièrement utile pour estimer la composante bande étroite dans un spectre qui contient les deux.

B.10 Sensibilité

La sensibilité peut être augmentée par une pré-amplification RF à faible bruit placée avant l'analyseur de spectre. Il convient de pouvoir régler le niveau du signal d'entrée de l'amplificateur avec un atténuateur, afin d'évaluer la linéarité du système global, pour le signal examiné.

B.7 Frequency scan rate

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

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

For a spectrum analyzer or scanning measuring set used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode and according to the needs for observing the behaviour of the emission. If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring set must be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 2.3.4.1).

B.8 Signal interception

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

B.9 Average detection

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

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

B.10 Sensitivity

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

La sensibilité à des émissions à bande extrêmement large, nécessitant une grande atténuation RF pour la linéarité du système, est augmentée par des filtres de présélection RF placés avant l'analyseur de spectre. Les filtres réduisent l'amplitude de crête des émissions à large bande, permettant ainsi d'utiliser moins d'atténuation RF. Ces filtres peuvent être également nécessaires pour rejeter ou atténuer de forts signaux hors bande et les produits d'intermodulation qu'ils provoquent. Si l'on utilise ce type de filtres, on doit les étalonner avec des signaux à large bande.

B.11 Précision en amplitude

La précision d'amplitude d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur à balayage peut être vérifiée à l'aide d'un générateur de signal, d'un wattmètre et d'un atténuateur de précision. Il convient d'analyser les caractéristiques de ces instruments, les affaiblissements de câble et de désadaptation, afin d'estimer les erreurs lors des essais de vérification.

The sensitivity to extremely broadband emissions which require large RF attenuation for system linearity is increased with RF pre-selecting filters ahead of the spectrum analyzer. The filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the intermodulation products they cause. If such filters are used they must be calibrated with broadband signals.

B.11 Amplitude accuracy

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