

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
61566**

Première édition  
First edition  
1997-06

---

---

**Mesure de l'exposition aux champs  
électromagnétiques à radiofréquence –  
Intensité du champ dans la gamme  
de fréquences entre 100 kHz et 1 GHz**

**Measurement of exposure to radio-  
frequency electromagnetic fields –  
Field strength in the frequency range  
100 kHz to 1 GHz**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61566: 1997

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## 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*;
- la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 60878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 60027, de la CEI 60417, de la CEI 60617 et/ou de la CEI 60878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

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. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 60878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 60027, IEC 60417, IEC 60617 and/or IEC 60878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

61566

Première édition  
First edition  
1997-06

**Mesure de l'exposition aux champs  
électromagnétiques à radiofréquence –  
Intensité du champ dans la gamme  
de fréquences entre 100 kHz et 1 GHz**

**Measurement of exposure to radio-  
frequency electromagnetic fields –  
Field strength in the frequency range  
100 kHz to 1 GHz**

© IEC 1997 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 Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

U

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                        | Pages |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                                     | 4     |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                                                     | 6     |
| Articles                                                                                                                                                               |       |
| 1 Domaine d'application.....                                                                                                                                           | 8     |
| 2 Référence normative .....                                                                                                                                            | 8     |
| 3 Définitions .....                                                                                                                                                    | 8     |
| 4 Prescriptions techniques générales.....                                                                                                                              | 12    |
| 4.1 Considérations générales .....                                                                                                                                     | 12    |
| 4.2 Mesures dans l'espace d'exposition .....                                                                                                                           | 14    |
| 4.3 Intensité du champ électromagnétique .....                                                                                                                         | 14    |
| 4.4 Interférences .....                                                                                                                                                | 14    |
| 4.5 Fuites de rayonnement .....                                                                                                                                        | 16    |
| 4.6 Champ proche réactif .....                                                                                                                                         | 16    |
| 4.7 Champ proche rayonnant.....                                                                                                                                        | 16    |
| 4.8 Résumé des problèmes de mesure .....                                                                                                                               | 18    |
| 4.9 Précautions de sécurité .....                                                                                                                                      | 18    |
| 5 Prescriptions relatives aux instruments de mesure.....                                                                                                               | 18    |
| 5.1 Généralités.....                                                                                                                                                   | 18    |
| 5.2 Prescriptions relatives aux performances électriques .....                                                                                                         | 20    |
| 5.3 Autres prescriptions.....                                                                                                                                          | 22    |
| 5.4 Caractéristiques mécaniques.....                                                                                                                                   | 22    |
| 5.5 Types d'instruments .....                                                                                                                                          | 22    |
| 5.6 Instruments à diodes .....                                                                                                                                         | 24    |
| 5.7 Instruments de type bolométrique .....                                                                                                                             | 26    |
| 5.8 Instruments de type thermocouple .....                                                                                                                             | 26    |
| 5.9 Réponses parasites .....                                                                                                                                           | 26    |
| 5.10 Etalonnage des instruments.....                                                                                                                                   | 30    |
| 6 Mesures .....                                                                                                                                                        | 30    |
| 6.1 Procédures préliminaires .....                                                                                                                                     | 30    |
| 6.2 Procédures de mesure .....                                                                                                                                         | 40    |
| Tableaux 1 à 4 .....                                                                                                                                                   | 36    |
| Figure 1 – Appareillage de base pour la surveillance du champ électromagnétique .....                                                                                  | 44    |
| Annexes                                                                                                                                                                |       |
| A Résumé des principales restrictions imposées par les directives du CIRNI de 1988, applicables à la gamme de fréquences couverte par la présente Norme internationale | 46    |
| B Bibliographie .....                                                                                                                                                  | 50    |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                   | Page |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                                                                                                                    | 5    |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                                                | 7    |
| Clause                                                                                                                                                            |      |
| 1 Scope.....                                                                                                                                                      | 9    |
| 2 Normative reference .....                                                                                                                                       | 9    |
| 3 Definitions .....                                                                                                                                               | 9    |
| 4 General technical requirements .....                                                                                                                            | 13   |
| 4.1 General considerations .....                                                                                                                                  | 13   |
| 4.2 Measurements in exposure space.....                                                                                                                           | 15   |
| 4.3 Electromagnetic field strength.....                                                                                                                           | 15   |
| 4.4 Interference patterns .....                                                                                                                                   | 15   |
| 4.5 Radiation leakage.....                                                                                                                                        | 17   |
| 4.6 Reactive near-field .....                                                                                                                                     | 17   |
| 4.7 Radiating near-field .....                                                                                                                                    | 17   |
| 4.8 Summary of measurement problems.....                                                                                                                          | 19   |
| 4.9 Safety precautions.....                                                                                                                                       | 19   |
| 5 Measuring instrument requirements .....                                                                                                                         | 19   |
| 5.1 General .....                                                                                                                                                 | 19   |
| 5.2 Electrical performance requirements.....                                                                                                                      | 21   |
| 5.3 Miscellaneous requirements.....                                                                                                                               | 23   |
| 5.4 Physical characteristics .....                                                                                                                                | 23   |
| 5.5 Instrument types.....                                                                                                                                         | 23   |
| 5.6 Diode instruments.....                                                                                                                                        | 25   |
| 5.7 Bolometric type.....                                                                                                                                          | 27   |
| 5.8 Thermocouple type .....                                                                                                                                       | 27   |
| 5.9 Spurious responses.....                                                                                                                                       | 27   |
| 5.10 Calibration of instruments .....                                                                                                                             | 31   |
| 6 Measurement .....                                                                                                                                               | 31   |
| 6.1 Preliminary procedures .....                                                                                                                                  | 31   |
| 6.2 Measurement procedures .....                                                                                                                                  | 41   |
| Tables 1 to 4 .....                                                                                                                                               | 37   |
| Figure 1 – Basic components of an electromagnetic field instrument .....                                                                                          | 45   |
| Annexes                                                                                                                                                           |      |
| A Summary of the main restrictions given in the INIRC guidelines of 1988<br>that are relevant to the frequency range covered by this International Standard ..... | 47   |
| B Bibliography.....                                                                                                                                               | 51   |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MESURE DE L'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES À RADIOFRÉQUENCE –

### Intensité du champ dans la gamme de fréquences entre 100 kHz et 1 GHz

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61566 a été établie par le sous-comité 12C: Matériels émetteurs, du comité d'études 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS       | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 103/1/FDIS | 103/4/RVD       |

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

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT OF EXPOSURE TO RADIOFREQUENCY  
ELECTROMAGNETIC FIELDS –****Field strength in the frequency range  
100 kHz to 1 GHz**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61566 has been prepared by subcommittee 12C: Transmitting equipment, of IEC technical committee 12: Radiocommunications.

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

| FDIS       | Report on voting |
|------------|------------------|
| 103/1/FDIS | 103/4/RVD        |

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

Annexes A and B are given for information only.

## INTRODUCTION

Les articles récemment publiés par les autorités nationales et internationales responsables de la définition des limites de sécurité relatives à l'exposition aux champs électromagnétiques à radiofréquence ont montré l'existence d'un consensus à prendre le taux d'absorption spécifique d'énergie (TAS) et le courant induit dans le corps humain comme limites de base.

Faute de disposer d'instruments permettant une mesure directe du TAS et compte tenu du fait que le TAS et le courant en circulation sont différents d'une personne à l'autre, selon la taille et le poids, les normes récentes spécifient des niveaux secondaires dérivés pour l'intensité de champ et/ou la densité du flux de puissance équivalente à ondes planes dans les conditions les plus défavorables de couplage électrique, de taille et de poids du corps. Cependant, dans certaines situations, en présence d'une forte variation du champ à travers l'espace, par exemple, lorsqu'on grimpe sur un mât ou un pylône d'antenne, il peut être plus approprié de mesurer le courant de contact circulant dans les mains ou dans les pieds.

La mesure du courant de contact ne fait pas l'objet de la présente Norme internationale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61566:1997



## INTRODUCTION

Recent publications by national and international authorities responsible for developing safety limits on exposure to radiofrequency electromagnetic fields show a consensus towards making specific energy absorption rate (SAR) and induced current in the human body the basic limits.

Since instruments are not yet available to measure SAR directly, and because SAR and circulating current will vary from person to person, depending on their height and weight, recent standards specify derived secondary levels for field strength, and/or equivalent plane-wave power flux density, for worst case conditions of electrical coupling and body size and weight. However, in some situations, where a wide spatial variation of field strength is present, for example, when climbing an antenna tower or mast, it may be more appropriate to measure the contact current through the hands or feet.

Measurements of contact current are not covered by this International Standard.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61566:1997

# MESURE DE L'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES À RADIOFRÉQUENCE –

## Intensité du champ dans la gamme de fréquences entre 100 kHz et 1 GHz

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale contient des directives sur la mesure des champs électromagnétiques dus aux équipements d'émission en fonctionnement, destinées à vérifier l'absence de risque potentiel des émissions pour les personnes travaillant sur le site ou pour le grand public.

Cette norme a pour but de favoriser la compréhension des prescriptions techniques et des précautions à prendre dans le cadre de mesures précises des champs électromagnétiques en accord avec les règlements nationaux sur l'exposition pertinents.

Cette norme couvre les émissions dans la gamme de fréquences comprise entre 100 kHz et 1 GHz.

NOTE – La possibilité d'étendre cette gamme de fréquences à 2 GHz ou 3 GHz sera étudiée.

La présente Norme internationale ne spécifie pas de valeurs limites pour l'exposition, car elles sont habituellement données dans les normes d'exposition publiées par les autorités de santé responsables. Cette norme est donc destinée à être utilisée en liaison avec les normes ou règlements nationaux appropriés, applicables dans les pays concernés. En l'absence de règlements nationaux restreignant l'exposition aux champs électromagnétiques à radiofréquence, on pourra suivre les recommandations du Comité international des rayonnements non ionisants (CIRNI). Les recommandations du CIRNI de 1988 sur les limites d'exposition sont résumées dans l'annexe A.

### 2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60215: 1987, *Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

**3.1 dipôle élémentaire:** Dipôle de faible longueur par rapport à la longueur d'onde. Un concept mathématique, largement utilisé dans l'étude des antennes, basé sur un élément filaire court par rapport à la longueur d'onde qui porte un courant oscillatoire.

**3.2 exposition:** Phénomène qui se produit lorsqu'une personne est soumise à des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques, ou à des courants de contact autres que ceux dus aux processus physiologiques dans le corps et aux autres phénomènes naturels.

## MEASUREMENT OF EXPOSURE TO RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS –

### Field strength in the frequency range 100 kHz to 1 GHz

#### 1 Scope

This International Standard applies to measurements of electromagnetic fields from operational transmitting equipment to ensure that the transmissions do not constitute a potential hazard to workers or to the general public.

The purpose of this standard is to promote a common understanding of technical requirements and precautions necessary for the accurate measurement of electromagnetic fields carried out in conjunction with relevant national exposure regulations.

This standard covers transmissions in the frequency range 100 kHz to 1 GHz.

NOTE – Possible extension of this frequency range up to 2 GHz or 3 GHz will be investigated.

This International Standard does not specify limiting values for exposure as these are usually given in exposure standards issued by responsible health authorities. This standard is, therefore, intended to be used in conjunction with the relevant national standards or regulations applicable in the country concerned. In the absence of any national rules restricting exposure to radiofrequency electromagnetic fields, the recommendations of the International Non-ionizing Radiation Committee (INIRC) may be followed. The 1988 INIRC recommendations on exposure limits are summarized in annex A.

#### 2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60215: 1987, *Safety requirements for radio transmitting equipment*

#### 3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

**3.1 dipole, elementary:** Dipole of short length compared to wavelength. A mathematical concept, widely used in theoretical antenna analysis, based on a short element of wire compared to the wavelength carrying an oscillatory current.

**3.2 exposure:** Occurs where a person is subjected to electric, magnetic, or electromagnetic fields or to contact currents other than those originating from physiological processes in the body and other natural phenomena.

**3.3 exposition partielle du corps:** Phénomène qui se produit lorsque la répartition des champs RF à travers le corps est essentiellement non uniforme. Des champs non uniformes à travers un volume comparable à celui du corps humain peuvent être produits par des sources hautement directives, des ondes stationnaires, des sources re-rayonnantes, des points chauds RF ou dans le champ proche.

**3.4 norme d'exposition:** Règlements, recommandations ou norme traitant des limites d'exposition autorisée, publiés par un organisme responsable.

**3.5 région du champ lointain:** La région du champ d'une antenne, dans laquelle la répartition angulaire du champ est essentiellement indépendante de la distance de l'antenne. Dans cette région, le champ possède essentiellement un caractère d'ondes planes, c'est-à-dire avec des répartitions localement uniformes du champ électrique et du champ magnétique dans des plans transversaux au sens de propagation.

#### NOTES

1 Si l'antenne possède une dimension globale maximale  $D$  qui est grande par rapport à la longueur d'onde, on suppose généralement que la région du champ lointain commence à une distance supérieure à  $2D^2/\lambda$  de l'antenne,  $\lambda$  étant la longueur d'onde. Cette distance est la distance de Rayleigh, correspondant à une différence de chemin de  $\lambda/16$ .

2 La région du champ lointain est parfois appelée région de Fraunhofer.

**3.6 région du champ proche:** La région généralement à proximité d'une antenne ou d'une autre structure rayonnante, dans laquelle la répartition angulaire du champ dépend de la distance de l'antenne. Dans cette région, les champs électriques et magnétiques n'ont pas un caractère d'ondes planes. La région du champ proche est à son tour divisée en deux: la région du champ proche réactif, située à proximité immédiate de la structure rayonnante et contenant la plupart ou la quasi-totalité de l'énergie emmagasinée, et la région du champ proche rayonnant, dans laquelle le champ de rayonnement prédomine par rapport au champ réactif, mais sans caractère de planéité d'ondes et avec une structure complexe.

#### NOTES

1 Avec la plupart des antennes, on considère que la limite extérieure de la région du champ proche réactif se situe à une distance d'une demi-onde par rapport à la surface de l'antenne.

2 La région du champ proche rayonnant est quelquefois appelée la région de Fresnel.

**3.7 rayonnement non ionisant:** Tout rayonnement électromagnétique incapable de dissocier des électrons des atomes ou des molécules pour produire des ions directement ou indirectement. Les ondes RF constituent des rayonnements non ionisants.

**3.8 polarisation (onde rayonnée):** La propriété d'une onde électromagnétique rayonnée décrivant la direction et l'amplitude du vecteur de champ électrique, variable avec le temps, plus particulièrement la courbe tracée en fonction du temps par l'extrémité du vecteur à un point fixe dans l'espace, observée le long du sens de propagation.

NOTE – Cette courbe représente généralement une ellipse, tracée dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Les polarisations appelées communément circulaire et linéaire sont celles obtenues lorsque l'ellipse devient respectivement un cercle ou une ligne droite. Pour un observateur regardant dans la direction de propagation, la rotation du vecteur électrique dans le sens des aiguilles d'une montre est appelée polarisation à droite et la rotation dans le sens contraire est appelée polarisation à gauche.

**3.9 densité du flux de puissance:** Dans la propagation des ondes radio, la puissance à travers l'unité de surface perpendiculaire au sens de propagation (unité:  $W/m^2$ ).

Dans le cas des ondes planes, la densité du flux de puissance  $S$ , le champ électrique efficace  $E$  et le champ magnétique efficace  $H$  se trouvent dans une relation définie par l'impédance de l'espace libre, c'est-à-dire  $377 \Omega$ .

$$S = E^2/377 = 377 H^2$$

**3.3 exposure, partial – body:** Occurs where RF fields are substantially non-uniform over the body. Fields which are non-uniform over volumes comparable to the human body may occur due to highly directional sources, standing waves, re-radiating sources, RF hot-spots, or in the near-field.

**3.4 exposure standard:** Regulations, recommendations or a standard dealing with limits of permissible exposure, published by a responsible authority.

**3.5 far-field region:** That region of the field of an antenna where the angular field distribution is essentially independent of the distance from the antenna. In this region, the field has predominately a plane-wave character, i.e. with locally uniform distributions of electric field strength and of magnetic field strength in planes transverse to the direction of propagation.

#### NOTES

- 1 If the antenna has a maximum overall dimension  $D$  which is large compared to the wavelength, the far-field region is commonly taken to exist at distances greater than  $2D^2/\lambda$  from the antenna,  $\lambda$  being the wavelength. This is the Rayleigh distance corresponding to a path difference of  $\lambda/16$ .
- 2 The far-field region is sometimes referred to as the Fraunhofer region.

**3.6 near-field region:** That region generally in proximity to an antenna, or other radiating structure, where the angular field distribution is dependent upon the distance from the antenna. In this region, the electric and magnetic fields do not have a plane-wave character. The near-field region is further subdivided into the reactive near-field region, which is closest to the radiating structure and which contains most or nearly all of the stored energy, and the radiating near-field region where the radiation field predominates over the reactive field but lacks substantial plane-wave character and is complicated in structure.

#### NOTES

- 1 For most antennas, the outer boundary of the reactive near-field region is commonly taken to exist at a distance of one-half wavelength from the antenna surface.
- 2 The radiating near-field region is sometimes referred to as the Fresnel region.

**3.7 non-ionizing radiation:** Any electromagnetic radiation incapable of dissociating electrons from atoms or molecules to produce ions or ionized molecules directly or indirectly. RF waves are non-ionizing radiations.

**3.8 polarization (radiated wave):** That property of a radiated electromagnetic wave describing the time varying direction and amplitude of the electric field vector; specifically the figure traced as a function of time by the extremity of the vector at a fixed location in space, as observed along the direction of propagation.

NOTE – In general, this figure is elliptical, traced in a clockwise or counterclockwise sense. The commonly referenced circular and linear polarizations are obtained when the ellipse becomes a circle or a straight line, respectively. For an observer looking in the direction of propagation, clockwise sense rotation of the electric vector is designated right-hand polarization and counterclockwise sense rotation is designated left-hand polarization.

**3.9 power flux density:** In radio wave propagation, the power crossing unit area perpendicular to the direction of propagation (unit:  $W/m^2$ ).

For plane waves, power flux density  $S$ , r.m.s. electric field strength  $E$  and r.m.s. magnetic field strength  $H$  are related by the impedance of free-space, i.e.  $377 \Omega$ .

$$S = E^2/377 = 377 H^2$$

**3.10 densité du flux de puissance équivalente à ondes planes:** Un terme communément utilisé en association avec toute onde électromagnétique dont la grandeur est égale à la densité du flux de puissance d'une onde plane ayant le même champ électrique  $E$  ou le même champ magnétique  $H$ .

NOTE – Dans le champ proche et dans le champ lointain en présence d'ondes stationnaires dues à un environnement réfléchissant, la densité du flux de puissance équivalente calculée à partir du champ électrique ou du champ magnétique est souvent très différente de la densité de puissance réelle.

**3.11 champ re-rayonné:** Un champ électromagnétique dû à des courants induits dans un objet secondaire, essentiellement conducteur, suite à des ondes électromagnétiques incidentes en provenance d'une ou plusieurs structures rayonnantes primaires ou antennes. (Les champs re-rayonnés sont parfois appelés «champs réfléchis» ou plus correctement «champs dispersés».)

**3.12 temps de réponse:** Temps nécessaire à un mesureur de champ pour atteindre 90 % de la valeur réelle, après avoir été placé dans le champ à mesurer.

**3.13 taux d'absorption spécifique (TAS):** Le TAS est la puissance absorbée par kilogramme de poids corporel (W/kg). Pour l'exposition intégrale du corps, on calcule le TAS moyen à travers le corps, mais il est également possible de calculer le TAS moyen pour certaines parties définies du corps, par exemple la tête ou les membres. Les limites d'exposition de base sont généralement exprimées en termes de TAS et sont relatives à la situation en présence d'un corps. En effet, la répartition du champ électromagnétique à proximité sera forcément perturbée par la présence du corps. Les limites de champ dérivées cependant se rapportent à la situation en l'absence d'un corps, dans laquelle la répartition du champ électromagnétique n'est pas influencée par la présence d'un corps.

## 4 Prescriptions techniques générales

### 4.1 Considérations générales

Le champ électromagnétique rayonné par une antenne est composé d'un certain nombre de champs électriques et magnétiques qui diminuent tous avec la distance,  $d$ , de la source. Le champ de rayonnement possède des composantes électriques et magnétiques qui diminuent avec la distance dans un rapport  $1/d$ . Une analyse basée sur le concept du dipôle élémentaire montre que les champs réactifs comportent des composantes d'induction électrique et magnétique qui diminuent dans un rapport  $1/d^2$ , et un champ électrique quasi-statique qui diminue dans un rapport  $1/d^3$ . A cause de l'affaiblissement rapide des champs réactifs, ces derniers ne sont significatifs qu'aux alentours immédiats de l'antenne.

En cas d'exposition au champ lointain dans l'espace libre, l'énergie absorbée par une personne accuse une pointe résonnante lorsque la taille du corps est de l'ordre de  $0,4 \lambda$ . Pour un homme d'une taille et d'un poids moyens, s'il n'est pas mis à la terre, cette pointe se produit à environ 70 MHz et l'absorption est maximale lorsque le corps est parallèle au vecteur du champ électrique. Dans ces conditions, l'absorption est environ sept fois supérieure à celle qui se produit aux fréquences supérieures à 2 GHz. Si l'homme est en bon contact avec la terre, la pointe d'absorption se manifeste à une fréquence plus basse, environ 35 MHz.

Les niveaux d'intensité de champ/de densité du flux de puissance dérivés donnés dans les normes d'exposition pour le cas le plus défavorable, doivent tenir compte de la différence de taille des gens, depuis les petits enfants jusqu'aux adultes de grande taille. C'est pourquoi des limites réduites s'appliquent généralement dans une large bande de fréquences, par exemple entre 10 MHz et 400 MHz.

**3.10 equivalent plane-wave power flux density:** A commonly used term associated with any electromagnetic wave, equal in magnitude to the power flux density of a plane wave having the same electric  $E$  or magnetic  $H$  field strength.

NOTE – In the near-field and in the far-field with standing waves caused by reflective environment, the calculations of equivalent power flux density derived from  $E$  or  $H$  are often very different from the true power density.

**3.11 re-radiated field:** An electromagnetic field resulting from currents induced in a secondary predominantly conducting object by electromagnetic waves incident on that object from one or more primary radiating structures or antennas. (Re-radiated fields are sometimes called "reflected" or more correctly "scattered" fields.)

**3.12 response time:** Time required for a field-measuring instrument to reach 90 % of the true value after being placed in the field to be measured.

**3.13 specific absorption rate (SAR):** SAR is the power absorbed per kilogram of body weight (W/kg). For whole body exposure, SAR is averaged over the whole body, but SAR may also be averaged over specified localized areas of the body, e.g. the head or limbs. Basic limits for exposure are usually expressed in terms of SAR and refer to a body-present situation. Inevitably, this means the electromagnetic field distribution in the vicinity will be affected by the presence of the body. Derived field strength values, however, refer to a body-absent situation in which the electromagnetic field distribution is not influenced by the presence of a body.

## 4 General technical requirements

### 4.1 General considerations

The electromagnetic field radiated from an antenna is made up of a number of electric and magnetic fields, all of which diminish with distance,  $d$ , from the source. The radiation field has electric and magnetic components that diminish with distance as  $1/d$ . Analysis, based upon the concept of an elementary dipole, shows that the reactive fields comprise electric and magnetic induction components which diminish as  $1/d^2$ , and a quasi-static electric field that diminishes as  $1/d^3$ . As a consequence of the rapid attenuation of the reactive fields, they are only of significance very close to the antenna.

In free space far-field exposure, the energy absorbed by a person exhibits a resonant peak when the body height approximates to  $0,4 \lambda$ . For an ungrounded man of average height and weight, this peak occurs around 70 MHz and the absorption is maximum when the body is aligned to be parallel with the E-field vector. In this condition the absorption is about seven times greater than for frequencies above 2 GHz. If the man is standing in good contact with ground, the peak absorption occurs at a lower frequency, approximately 35 MHz.

The derived worst case field-strength/power flux density levels in exposure standards shall allow for a wide variation in the height of people, from small children to tall adults. In consequence, reduced limits usually apply over a broad band of frequencies, e.g. 10 MHz – 400 MHz.



En dessous de ces fréquences, il y a un risque de plus en plus grand de voir des courants induits provoquer un échauffement local dans les parties à faible section des membres du corps, par exemple dans les chevilles et dans les poignets, et également un risque accru de brûlures radiofréquence au contact d'objets métalliques qui ne seraient pas correctement mis à la terre. En dessous de 10 MHz à 30 MHz environ, la définition des limites du champ électrique et du champ magnétique obéit donc à des considérations différentes. Au fur et à mesure que la fréquence diminue, les limites d'intensité du champ magnétique peuvent être progressivement abaissées, conformément aux considérations relatives au TAS. Cependant, la réduction correspondante du champ électrique sera proportionnellement moindre, compte tenu de la nécessité de limiter les courants induits dans les membres. En plus, aux fréquences inférieures à quelques mégahertz, une limite supérieure fixe peut être spécifiée pour assurer une protection contre les brûlures.

#### 4.2 Mesures dans l'espace d'exposition

Sauf indication contraire, l'intensité du champ d'exposition doit être définie dans la totalité de l'espace susceptible d'être occupé par une personne, mais mesurée en l'absence d'un corps humain. Lorsqu'il est difficile de délimiter l'espace occupé avec précision, par exemple lorsqu'il s'agit d'appliquer le règlement au grand public, il convient d'adopter un espace représentatif des situations pratiques pour les mesures.

Si le champ n'est pas uniforme dans la zone étudiée, la mesure peut être effectuée à l'intérieur d'un espace unitaire supposé occupé par le corps humain.

#### 4.3 Intensité du champ électromagnétique

Dans le cas d'une onde électromagnétique incidente unique, l'intensité du champ d'exposition,  $E$ , est donnée par la racine carrée de la somme des carrés de chaque composante de champ mesurée sur trois axes orthogonaux,

$$E = (E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)^{1/2}$$

Dans le cas d'ondes multiples, l'intensité composite,  $E_c$ , est donnée par la racine carrée de la somme des carrés de l'intensité du champ d'exposition de chaque onde incidente,

$$E_c = (E_1^2 + E_2^2 + \dots)^{1/2}$$

#### 4.4 Interférences

Les caractéristiques réfléchissantes des structures naturelles et artificielles produisent, dans toutes les régions d'intérêt, des intensités de champ non uniformes dues à l'établissement d'ondes stationnaires ou d'autres interférences. Cette variation du champ électromagnétique dans l'espace est provoquée par l'interaction du flux d'énergie RF en provenance de sources d'énergie multiples, réfléchies par des points proéminents de l'environnement physique. Ces pics dans la répartition électromagnétique sont séparés d'au moins une demi-onde, autrement dit, leur distance peut varier entre une fraction de mètre et plusieurs mètres, en fonction de la fréquence de la source et de l'angle d'arrivée des ondes parasites. Un changement de fréquence peut entraîner d'importants changements dans la répartition d'énergie.

La région étudiée peut être illuminée de plusieurs directions par des sources multiples ayant des caractéristiques différentes et comprendra des structures provoquant des ondes stationnaires ou des couplages entre les champs. Ces conditions complexes entraînent des configurations de champ complexes, avec des points chauds à des endroits différents selon la fréquence. Un point donné dans l'espace peut se situer à la fois dans le champ lointain ou le champ proche rayonnant d'un équipement et dans le champ proche réactif d'un autre équipement.



Below these frequencies, there is an increasing possibility of induced currents causing localized heating in the smaller cross-sectional areas of the body limbs, e.g. in ankles and wrists, and also an increased risk of radiofrequency burns from touching inadequately grounded metal objects. Different considerations therefore apply in setting the limits for electric and for magnetic field strength below some 10 MHz – 30 MHz. As frequency is reduced, the magnetic field-strength limit can be relaxed progressively in accordance with SAR considerations. However, the corresponding reduction in electric field strength is proportionately less because of the need to restrict induced currents in the limbs. Furthermore, at frequencies below a few megahertz, a fixed upper limit may be specified to protect against burns.

#### 4.2 *Measurements in exposure space*

Unless otherwise specified, exposure field strength shall be defined as the whole space which is possible to be occupied by a person, but measured without a human body. When it is difficult to distinguish the occupied space clearly, e.g. when applying the regulation to general public, a representative space of the practical situation should be selected for the measurement.

When the field strength is non-uniform over the area of concern, the measurement may be carried out inside a unit space assumed to be occupied by the human body.

#### 4.3 *Electromagnetic field strength*

In the case of a single incident electromagnetic wave, the exposure field strength,  $E$ , is given by the square root of the sum of the squares of each field component measured on three orthogonal axes,

$$E = (E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)^{1/2}$$

In the case of multiple waves, the composite strength,  $E_c$ , is given by the square root of the sum of the squares of the exposure field strengths of each incident wave,

$$E_c = (E_1^2 + E_2^2 + \dots)^{1/2}$$

#### 4.4 *Interference patterns*

The reflection features of both natural and man-made structures result in non-uniform field intensities over any region of interest due to the establishment of standing waves or other interference patterns. This spatial variation of the electromagnetic field is caused by the interaction of the flow of RF energy from multiple sources of energy reflected from prominent features of the physical environment. These peaks in the electromagnetic distribution are separated by at least one-half wavelength, i.e. they may be from a fraction of a metre to many metres apart, depending on the frequency of the source and angles of arrival of the interfering waves. A change in frequency can result in large changes in energy distribution.

The region of concern may be illuminated from different directions by multiple sources with different characteristics and will encompass structures causing standing waves or coupling of fields. These complex conditions lead to complex field configurations with hot spots at different locations for different frequencies. Although a particular point in space may be in the far-field or the radiating near-field of one piece of equipment, it may also be in the reactive near-fields of some other equipment.

Même lorsque les caractéristiques de polarisation de toutes les sources sont connues, certains types de structures (grillages ou charpentes en profilés) peuvent provoquer un changement de polarisation, modifiant ainsi les conditions d'interférence dans la région étudiée.

En outre, même dans un environnement physique par ailleurs statique, l'introduction d'un équipement de test ou le passage d'une personne venue surveiller le champ, ou les deux à la fois, sont susceptibles de perturber le champ RF. Pour assurer le respect des impératifs de sécurité, tout programme de mesure doit obligatoirement tenir compte de la possibilité de ce genre de variations. Il est par conséquent recommandé qu'il comprenne un échantillonnage de données suffisamment vaste, s'étendant sur au moins  $0,5 \lambda$  dans le sens horizontal et dans le sens vertical, pour déterminer l'étendue des champs d'ondes stationnaires présents. Aux fréquences basses, cela est évidemment impraticable, mais la difficulté ne fait que souligner l'importance qu'il y a à mesurer les deux champs, électrique et magnétique, chaque fois que possible. Si une composante du champ se trouve proche du minimum dans une configuration d'ondes stationnaires, l'autre composante sera sans doute relativement plus élevée.

#### 4.5 Fuites de rayonnement

Les fuites de rayonnement dues aux équipements électroniques présentent des problèmes particuliers, car la source d'énergie n'est pas toujours définie avec précision. Le rayonnement peut être émis par une fissure dans le blindage du boîtier ou par des câbles de liaison insuffisamment dérivés. La polarisation du champ électromagnétique et l'emplacement de la fuite ne sont pas toujours connus. Il s'agit d'un cas particulier de la situation générale des champs proches et les mêmes problèmes peuvent se rencontrer avec toutes les mesures du champ proche, que l'émission de ces champs soit intentionnelle ou accidentelle.

#### 4.6 Champ proche réactif

Dans la région qui entoure immédiatement la source de rayonnement, les composantes réactives du champ prédominent sur les composantes du champ lointain. Bien que l'étendue de la région réactive varie en fonction du type de l'antenne, on considère généralement que la limite extérieure se situe à  $\lambda/2$  de la surface de l'antenne. Plus on s'approche de la source, plus les effets réactifs sont prédominants.

Bien que les composantes du champ réactif ne contribuent pas au rayonnement d'énergie, elles peuvent néanmoins être transmises par couplage dans certains matériaux et provoquer ainsi une absorption d'énergie. Par conséquent, il existe de nombreuses situations où il est important de mesurer le champ réactif. Cela peut créer des problèmes particulièrement ardues si les mesures doivent être faites à proximité immédiate d'une source de rayonnement (ou d'une source de re-rayonnement par réflexion). En effet, le simple fait d'introduire une sonde dans un champ complexe à haute impédance peut entraîner des perturbations sérieuses et certains instruments de contrôle ne sont pas appropriés aux mesures dans les champs à haute impédance.

#### 4.7 Champ proche rayonnant

Dans le champ proche, il existe trois composantes orthogonales du champ électrique dont les relations de phase et les amplitudes sont arbitraires. De même, il existe trois composantes orthogonales du champ magnétique ayant des phases et des amplitudes arbitraires. Le champ électrique possède une polarisation elliptique dans un plan quelconque, et le champ magnétique est généralement à polarisation elliptique dans un autre plan.

Par conséquent, dans le champ proche, la mesure de la phase et de l'amplitude de chacune des trois composantes du champ électrique ne fournit aucun renseignement sur le champ magnétique à cet endroit. Il est donc recommandé d'utiliser des instruments sensibles à une polarisation quelconque et capables de mesurer soit le champ électrique, soit le champ magnétique. Les mesureurs de champ utilisant trois dipôles ou antennes cadres orthogonaux,

Even when the polarization characteristics of all sources are known, it is possible for certain types of structures (such as gratings or angled supports) to modify the polarization and hence the interference pattern in the region under investigation.

Furthermore, even when the physical environment is otherwise static, perturbations in the RF field can be caused by the introduction of test equipment or personnel to monitor its strength, or both. To ensure that safety requirements are met, it is imperative that any measurement programme take account of the possibility of these and other variations. It should therefore include a sufficiently large sampling of data desirably extending at least  $0,5 \lambda$  horizontally and vertically in order to determine the extent of any standing wave fields present. At the lower frequencies this is, of course, impractical but the difficulty only emphasizes the desirability of measuring both electric and magnetic fields, where this is feasible. It is likely that if one field component is near the minima of a standing wave pattern, the other will be relatively higher.

#### 4.5 *Radiation leakage*

Radiation leakage from electronic equipment presents special problems, because the source of energy may not be clearly defined. It could be emitted from a crack in the shielding cabinet or from poorly by-passed connecting cables. The polarization of the electromagnetic field and the location of the leak is not generally known. This is a special case of the general near-field situation, and the same problems can exist for all near-field measurements, whether the emitted fields are intentional or accidental.

#### 4.6 *Reactive near-field*

In the region immediately surrounding the radiation source, reactive components of the field predominate over far-field components. Although the extent of the reactive region varies for different types of antennas, the outer boundary of the reactive near-field is commonly taken as  $\lambda/2$  from the antenna surface. The reactive effects become increasingly predominant the closer the source.

Although the reactive field components do not contribute to the radiation of energy, they can couple into material and thus achieve energy absorption. Consequently, it is important that the reactive field be measured in many situations. This can be a particularly difficult problem if measurements are required very close to a radiation source (or a source of re-radiation by reflection). Merely introducing a probe into a complex high-impedance field can cause serious perturbations, and some survey instruments are not appropriate for measurements in high-impedance fields.

#### 4.7 *Radiating near-field*

In the near-field, three orthogonal components of the electric field with arbitrary relative phases and amplitudes exist. Similarly, there are three orthogonal components of the magnetic field with arbitrary phases and amplitudes. The electric field is elliptically polarized in an arbitrary plane and the magnetic field, in general, is elliptically polarized in another plane.

Consequently, in the near-field, measurements of the phase and amplitude of each of the three components of the electric field give no information about the magnetic field at the point. Thus, use of instruments capable of measuring either the electric or the magnetic field and which respond to any arbitrary polarization is indicated. Field measurement devices utilizing three orthogonal dipoles or loops which detect the amplitude but not the phase of the electric or magnetic field cannot provide complete information about the elliptically polarized field.

qui détectent l'amplitude mais non la phase du champ magnétique ou électrique, ne peuvent fournir des informations complètes sur un champ à polarisation elliptique. Plus précisément, ce type d'appareil ne mesure pas le vecteur maximal instantané du champ. Seule une moyenne de l'intensité du champ total est mesurée, calculée sur un cycle d'oscillation du champ (la fréquence porteuse).

Seule la densité du flux de puissance équivalente à ondes planes, correspondant soit au champ électrique, soit au champ magnétique, peut être déduite. Bien que ce terme ne soit pas approprié aux champs proches, certains instruments sont gradués en termes de densité du flux de puissance équivalente à ondes planes.

#### 4.8 *Résumé des problèmes de mesure*

L'environnement électromagnétique est déterminé par de nombreux facteurs. Parmi ceux-ci:

- a) le sens de propagation de l'énergie depuis les sources;
- b) la direction, la distance et l'orientation relative de la ou des sources et des points proéminents de l'environnement physique par rapport au point du champ;
- c) la polarisation du champ, la fréquence, le type de modulation et la puissance de la ou des sources. En règle générale, dans la gamme de fréquences 100 kHz à 1 GHz couverte par la présente norme, un grand nombre de mesures doivent être faites dans le champ proche et/ou dans un environnement réfléchissant, caractérisé par la présence d'ondes stationnaires. Dans la plupart des cas, il est donc important de disposer d'instruments permettant de réaliser des mesures indépendantes du champ électrique et du champ magnétique à toutes les fréquences.

Dans les champs provenant de sources de fréquences multiples, il convient d'effectuer des mesures sélectives en fréquence, dans la mesure du possible, puisque les limites d'exposition sont différentes selon la fréquence.

#### 4.9 *Précautions de sécurité*

##### 4.9.1 *Avertissement*

En procédant aux mesures de contrôle, il convient que le personnel de surveillance prenne des mesures de sécurité adéquates et fasse preuve d'autant plus de vigilance que les puissances associées au système contrôlé sont élevées.

Les procédures et directives données par la CEI 60215 au sujet des précautions à prendre pour la sécurité du personnel travaillant sur les matériels d'émission radioélectrique sont à observer chaque fois qu'elles s'appliquent.

##### 4.9.2 *Précautions concernant la surveillance des fuites*

Lorsqu'on procède à une recherche de fuites, on commence par couper la source, puis on effectue un contrôle visuel approfondi de l'ensemble des guides d'onde et des câbles. Cette inspection est destinée à détecter les signes de fatigue ou de vieillissement, ou la présence de joints endommagés ou de fixations défectueuses.

NOTE – Des champs puissants loin des sources apparentes ont été tracés jusqu'aux échelles avec leurs crinolines, qui peuvent produire un effet de guide d'onde.

### 5 *Prescriptions relatives aux instruments de mesure*

#### 5.1 *Généralités*

L'instrument doit être accompagné d'un manuel complet, donnant des informations précises sur ses performances, y compris sur les éventuelles restrictions à ses applications, par exemple celles concernant les mesures dans le champ proche réactif ou en présence d'émissions multiples.

Specifically, the maximum instantaneous field vector is not measured with these types of device. Only an averaged total field strength is measured, with the averaging occurring over one cycle of the oscillation of the field (the carrier frequency).

Only the equivalent plane-wave power flux density corresponding to either the electric or the magnetic field strength can be deduced. Although this term is not appropriate for near-fields, some instruments are scaled in terms of equivalent plane-wave power flux density.

#### 4.8 *Summary of measurement problems*

The electromagnetic environment is determined by many factors. Some of these are:

- a) the direction of energy propagation from the sources;
- b) the direction, distance and relative orientation of the source(s) and prominent features of the physical environment with respect to the field point;
- c) the field polarization, frequency, type of modulation and power of the source(s). In general, throughout the frequency range of 100 kHz – 1 GHz covered by this standard, many of the measurements will need to be made in near-fields and/or in reflective environments in which standing waves are present. In most cases, it is therefore essential that instrumentation is available for independent measurements of both the electric and magnetic fields for all frequencies.

In fields of multiple frequency sources, frequency selective measurements should be taken, if practicable, as the exposure limits vary with frequency.

#### 4.9 *Safety precautions*

##### 4.9.1 *Warning*

Survey personnel should take appropriate safety precautions while conducting measurement surveys, and the degree of care exercised should increase in proportion to the power levels associated with the systems being checked.

The procedures and guidance given in IEC 60215 on safety precautions for personnel working on radio transmitting equipment should be observed where appropriate.

##### 4.9.2 *Leakage survey precautions*

When performing a leakage survey, the source should first be switched off and a thorough visual inspection of all transmission guides and cables carried out. This inspection should determine any signs of fatigue, ageing, damage at joints or lack of adequate support.

NOTE – High fields remote from apparent sources have been traced to ladders and their surrounding guards, which can act as waveguides.

### 5 **Measuring instrument requirements**

#### 5.1 *General*

The instrument shall be supplied with a comprehensive handbook which includes a clear statement of its performance, including any restrictions in its application, e.g. for measurements in reactive near-fields or when multiple transmissions are present.

Les mesureurs de champ se divisent en trois parties principales: le capteur, les câbles et l'instrument de mesure (voir figure 1). Le capteur est une antenne combinée avec un détecteur. La conception et les caractéristiques du capteur déterminent pour l'essentiel les performances et les applications de l'ensemble, qui doivent figurer avec précision dans le manuel de l'instrument. Le terme «câbles» désigne la partie de la sonde servant à transporter le signal obtenu en réponse jusqu'à l'instrument de mesure. Pour parvenir à ce but sans perturber le champ, les câbles peuvent être réalisés sous forme de fils haute résistance ou sous forme de conducteurs blindés, orientés de manière à exclure tout risque de couplage avec le champ. Ils peuvent également être réalisés sous forme de fibres optiques, qui ont l'avantage particulier de permettre une grande distance entre le capteur et l'endroit où se trouve l'opérateur qui observe les mesures. L'instrument de mesure est généralement composé de circuits conduisant le signal et de dispositifs d'affichage.

Dans certains instruments, le capteur peut être intégré dans l'unité de mesure, c'est-à-dire qu'il ne comporte pas de câbles exposés.

Pour réaliser des mesures significatives du champ proche, les conditions suivantes doivent être réunies.

- a) La sonde doit être sensible à un paramètre particulier et exempte de réponses parasites importantes (elle sera par exemple sensible au champ électrique sans réponse parasite au champ magnétique).
- b) Les dimensions du capteur de la sonde doivent être de préférence inférieures à  $\lambda/10$  dans son milieu ambiant et à la fréquence de fonctionnement la plus élevée.
- c) La sonde ne doit pas produire de dispersion importante.
- d) La sonde doit avoir une réponse isotrope (autrement dit, non directive et non polarisée).
- e) Les câbles reliant éventuellement le capteur à l'instrument de mesure ne doivent pas perturber de manière significative le champ aux alentours du capteur, ni coupler de l'énergie à partir de ce champ.

## 5.2 Prescriptions relatives aux performances électriques

### 5.2.1 Alimentation

L'instrument doit posséder une alimentation autonome, isolée contre les champs extérieurs par un blindage approprié et découplée par des filtres.

En cas d'utilisation de batteries, un dispositif doit être prévu pour indiquer leur état de charge. L'instrument doit être capable de fonctionner en continu sur une période suffisante avec la précision indiquée, sans nécessiter le remplacement ou la recharge des batteries.

### 5.2.2 Polarisation

La sonde doit être sensible à toutes les composantes de polarisation du champ électromagnétique.

### 5.2.3 Quantités et unités

L'instrument peut indiquer un ou plusieurs des paramètres suivants:

- a) la moyenne quadratique de l'intensité de champ électrique en volts carrés par mètre carré ( $V^2/m^2$ ) ou l'intensité de champ efficace en volts par mètre (V/m);
- b) la moyenne quadratique de l'intensité de champ magnétique en ampères carrés par mètre carré ( $A^2/m^2$ ) ou l'intensité de champ efficace en ampères par mètre (A/m);
- c) la densité du flux de puissance équivalente à ondes planes en watts par mètre carré ( $W/m^2$ ).

Instrumentation can be divided into three basic parts: sensor, leads and metering instrumentation as shown in figure 1. The sensor consists of an antenna in combination with a detector. The design and characteristics of the sensor determine to the greatest extent the performance and application of the unit, which shall be clearly stated in the instrument handbook. The leads refer to that part of the probe which is used to carry the responsive signal to the metering instrumentation. To accomplish this without causing perturbation of the field, the leads may take the form of high-resistance wires, or they may be conductive, shielded and oriented in such a manner, that they will not couple to the field. They may also take the form of an optical fibre link that has the particular advantage of allowing a large distance between the sensor and the position of the operator attending the measurement. Metering instrumentation generally takes the form of signal-conducting circuitry and display devices.

In some instruments, the sensor may form an integral part of the metering unit without exposed leads.

To make meaningful near-field measurements, the following conditions shall be met.

- a) The probe shall respond to a particular parameter and not have significant spurious responses (e.g. respond to an E-field without any spurious H-field response).
- b) The dimensions of the probe sensor shall preferably be less than  $\lambda/10$  in its surrounding medium at its highest operating frequency.
- c) The probe shall not produce significant scattering.
- d) The probe response shall be isotropic (i.e. non-directional and non-polarized).
- e) Any leads from the sensor to the meter shall not significantly perturb the field at the sensor or couple energy from the field.

## 5.2 *Electrical performance requirements*

### 5.2.1 *Power supply*

The instrument shall employ a self-contained power supply, isolated from external fields by appropriate shielding and filter decoupling.

If batteries are used, provision shall be made for indicating their condition. The instrument shall be capable of operating continuously for an appropriate period within its stated accuracy, before replacement or recharging of batteries becomes necessary.

### 5.2.2 *Polarization*

The probe shall be responsive to all polarization components of the electromagnetic field.

### 5.2.3 *Quantities and units*

The instrument may indicate one or more of the following parameters:

- a) mean-squared electric field strength in volts squared per metre squared ( $V^2/m^2$ ) or root mean-squared volts per metre (V/m);
- b) mean-squared magnetic field strength in amperes squared per metre squared ( $A^2/m^2$ ) or root mean-squared amperes per metre (A/m);
- c) plane-wave equivalent power flux density in watts per square metre ( $W/m^2$ ).



L'opérateur a besoin de connaître le paramètre de champ (E ou H) auquel l'instrument est sensible et celui-ci doit figurer clairement sur le capteur.

### 5.3 *Autres prescriptions*

#### a) Sortie pour enregistreur

Pour réaliser des mesures dans un champ dangereux sans risquer la vie de l'opérateur, l'instrument peut être équipé d'une sortie pour enregistreur ou d'un autre dispositif approprié, par exemple des câbles de rallonge entre la sonde et l'instrument, une liaison par fibres optiques jusqu'à un instrument distant, ou encore un mode de fonctionnement à maintien du maximum permettant de retenir les indications maximales obtenues durant la vérification jusqu'à la remise à zéro par l'opérateur.

#### b) Blindage

Lorsque l'instrument ou les câbles accessoires sont exposés à la même intensité de champ que la sonde, le boîtier de l'instrument et les câbles du capteur doivent être munis d'un blindage approprié, capable d'assurer que l'incertitude de mesure reste dans les limites indiquées.

#### c) Modulation

L'instrument doit indiquer les paramètres efficaces, calculés sur une période suffisamment longue pour tenir compte de la présence éventuelle d'une modulation d'amplitude. Si la lecture de l'instrument est indépendante d'une modulation d'amplitude, il peut être nécessaire de corriger la lecture pour tenir compte de l'augmentation (ou de la diminution) de la puissance rayonnée, due à la modulation. Le manuel de l'instrument doit donner les informations nécessaires quant aux facteurs de correction appropriés.

#### d) Electricité statique

L'équipement doit être insensible aux charges statiques.

#### e) Temps de réponse

Le temps de réponse de l'instrument doit être connu de l'utilisateur et figurer dans les spécifications du manuel de l'instrument.

### 5.4 *Caractéristiques mécaniques*

#### a) Portabilité et fonctionnement

L'instrument doit être portable, aussi petit et léger que possible et facile d'emploi. Le nombre d'organes de réglage doit être réduit et leurs fonctions clairement repérées. La nécessité d'avoir à actionner simultanément deux organes de réglage doit être évitée. Pour les mouvements mécaniques de l'instrument, le zéro électrique doit coïncider avec le zéro mécanique de l'indicateur ou être situé plus loin sur l'échelle.

#### b) Sensibilité aux autres rayonnements

La précision inhérente de l'instrument ne doit pas être altérée par une exposition aux rayonnements ionisants, à la lumière artificielle, à la lumière du soleil ou aux décharges par effluves.

#### c) Lisibilité

L'instrument indicateur doit être facilement lisible dans sa position de travail.

### 5.5 *Types d'instruments*

Les types d'instruments suivants sont susceptibles d'assurer une précision suffisante, à la fois dans les situations de champ proche et de champ lointain:

- a) instruments à diodes (voir 5.6);
- b) bolomètres (voir 5.7);
- c) thermocouples (voir 5.8).



The operator shall be aware of the field parameter (E or H), to which the instrument responds, and this shall be clearly stated on the sensor.

### 5.3 *Miscellaneous requirements*

#### a) Recorder output

The instrument may be equipped with a recorder output or other means which will enable measurements of hazardous fields without endangering the operator. Alternative provisions to a recorder output may be extension cables between the probe and the meter, fibre optic connection to a remote meter or a maximum hold mode of operation, where maximum surveyed indications can be maintained until re-zeroed by the operator.

#### b) Shielding

The instrument housing and sensor cables shall provide shielding as required to ensure that the measurement uncertainty remains within stated limits, where the instrumentation or accessory cables are exposed to the same field strength as the probe.

#### c) Modulation

The instrument shall indicate r.m.s. parameters over a sufficiently long period, to take account of any AM modulation present. If the instrument reading is independent of any AM modulation, it may be necessary to correct the reading to take account of the increase (or decrease) in radiated power due to the modulation. The instrument handbook shall provide details of the appropriate correction factors.

#### d) Static electricity

Equipment shall not be responsive to static charges.

#### e) Response time

The response time of the instrument shall be known to the user and be stated in the specification in the instrument handbook.

### 5.4 *Physical characteristics*

#### a) Portability and operation

The instrument shall be portable, as small and light as practicable and be designed for ease of use. The unit shall have the minimum number of controls which shall be clearly labelled as to their functions. There shall be no requirements for moving two controls at the same time. For mechanical meter movements the electrical zero point shall be coincident with or upscale from the mechanical zero of the indicating meter.

#### b) Response to other radiation

The inherent accuracy of the instrument shall not be altered by exposure to ionizing radiation, artificial light, sunlight or corona discharge.

#### c) Readability

The indicating meter shall be easily readable in its working position.

### 5.5 *Instrument types*

The following instrument types can provide reasonable accuracy in both near-field and far-field situations:

- a) diode (see 5.6);
- b) bolometric (see 5.7);
- c) thermocouple (see 5.8).

## 5.6 Instruments à diodes

### 5.6.1 Généralités

Dans ces instruments, des diodes simples ou multiples sont placées au bout de petites antennes. Des diodes multiples et des éléments d'antenne disposés dans une configuration appropriée peuvent être utilisés pour la sommation de toutes les composantes d'onde, permettant des mesures indépendantes de la polarisation et de la direction d'incidence. Au moins trois éléments selon une disposition orthogonale sont nécessaires pour former un instrument isotrope utilisable dans une orientation quelconque par rapport au champ.

Certains instruments actuellement utilisés possèdent une diode simple associée à un dipôle court ou une petite antenne cadre. Ces instruments répondent à une seule composante du champ et doivent par conséquent être orientés pour lire la valeur maximale, un processus souvent long et fastidieux. De tels instruments sont cependant utiles pour mesurer une composante particulière du champ et pour localiser des sources de fuite de rayonnements.

Les instruments à diodes sont sensibles à la puissance. Aux faibles niveaux, les courants redressés sont proportionnels au carré du champ électrique (ou magnétique). Au fur et à mesure que les niveaux augmentent, les courants redressés deviennent directement proportionnels au champ électrique ou magnétique. A cause de cette sensibilité à la puissance, la plage de fonctionnement de la diode doit être limitée aux faibles niveaux de sortie pour assurer une indication véridique de la densité du flux de puissance totale. Si l'on veut utiliser les diodes avec un niveau supérieur, il faut modifier les courants de sortie (généralement une mise au carré) avant de sommer les courants des éléments individuels.

Les instruments à diodes plus simples, bien que gradués en valeur efficace, mesurent en général le niveau de crête du signal. En présence d'AM, ces instruments indiqueront la valeur moyenne de l'enveloppe de tension et un facteur de correction approprié sera nécessaire en fonction de la nature de la modulation, par exemple image ou son. Les corrections nécessaires doivent figurer dans le manuel de l'instrument.

Les détecteurs à diodes, selon leur conception, peuvent accuser une dépendance prononcée par rapport à la température ambiante. La variation du signal de sortie en fonction de la température ambiante peut être de l'ordre de plusieurs dixièmes de décibel par degré Celsius. Un grand nombre d'effets parasites peuvent être engendrés par les différents types d'instruments et de sondes. Les effets caractéristiques des redresseurs à diodes sont examinés ci-dessous. Pour les autres types de réponses parasites, on se reportera à 5.9.

### 5.6.2 Réponses parasites des détecteurs à diodes

Les détecteurs à diodes peuvent présenter un grand nombre d'effets parasites, dont les plus répandus sont les suivants.

#### a) Signaux multiples avec des diodes

Ce n'est que pour les signaux faibles que les diodes peuvent servir de détecteurs quadratiques, la détection devenant linéaire aux niveaux élevés, avec une caractéristique intermédiaire aux niveaux moyens du signal. Associé à un circuit RC, le détecteur à diodes a tendance à fonctionner en détecteur de crête. En présence de deux signaux ou plus d'amplitude similaire à l'intérieur de la bande, l'instrument aura tendance à indiquer une valeur supérieure à la valeur réelle.

Il est conseillé de mesurer si possible chaque signal séparément. Lorsque plusieurs fréquences sont présentes, il est important que l'opérateur connaisse la façon dont le capteur va additionner les champs, c'est-à-dire  $(E_1 + E_2)^2$  ou  $E_1^2 + E_2^2$ . Habituellement, le premier type de sommation s'applique aux fréquences basses, le second aux fréquences élevées.

## 5.6 *Diode instruments*

### 5.6.1 *General*

In these instruments, single or multiple diodes terminate small antennas. Multiple diodes and antenna elements arranged in suitable configurations can be used to sum all wave components and enable measurements to be made independent of polarization and direction of incidence. A minimum of three elements in an orthogonal arrangement is required for an isotropic instrument which can be used in any orientation with respect to the field.

Some units now in use employ a single diode in combination with a short dipole or small loop antenna. These instruments respond to only one field component and consequently shall be oriented to read the maximum value, a process that can be tedious and time-consuming. Such instruments are, however, useful for measuring individual field components of interest and in locating sources of radiation leakage.

Diode instruments are power sensitive. At low levels, the rectified currents are proportional to the square of the E (or H) field. As the levels increase, the rectified currents become directly proportional to the E (or H) field. This power sensitivity requires that the range of operation of the diode be restricted to low output levels to provide a true indication of total power flux density. Where the diodes are operated at higher levels, it is required that the output currents be modified (generally squared) prior to summation of the currents of the individual elements.

The simpler designs of diode instruments usually measure the peak signal level, although calibrated as r.m.s. In the presence of AM, such instruments will indicate the mean of the voltage envelope and an appropriate correction factor will be required, depending on the nature of the modulation, e.g. sound or vision. Any corrections necessary shall be detailed in the instrument handbook.

Diode detectors, depending on design, may exhibit a marked dependence upon ambient temperature. Variations in output with ambient temperature may be of the order of tenths of a decibel per degree Celsius. There are a number of possible spurious effects which can occur with different types of instruments and probes. Those effects peculiar to diode rectifier types are discussed below. For other types of spurious responses see 5.9.

### 5.6.2 *Spurious responses of diode detectors*

There are a number of possible spurious effects which can occur with diode detectors. The most common are as follows.

#### a) Multiple signals with diodes

Diodes act as a square law detector only at low signals, tending to linear detection at high signals with an intermediate characteristic at moderate signal levels. In association with an RC circuit, a diode detector tends to act as a peak detector. Where there are two or more (in-band) signals of similar amplitude present, the instrument will tend to read higher than true.

If feasible, it is preferable to measure each signal separately. If several frequencies are present, it is important that the operator be aware how the sensor sums the fields, i.e. as  $(E_1 + E_2)^2$  or as  $E_1^2 + E_2^2$ . The first case summation usually applies to lower frequencies and the second to higher frequencies.

#### b) Modulation d'impulsion et diodes

Aux niveaux élevés, les diodes passent d'une caractéristique quadratique à une caractéristique linéaire avec un changement de la résistance effective. Une impulsion avec un faible rapport cyclique (c'est-à-dire avec un faible niveau moyen) peut alors donner une lecture plusieurs fois supérieure au niveau moyen réel, presque une pointe instantanée. Ce point est important pour les mesures en radar et quelquefois en télévision.

#### c) Sensibilité à la lumière

Les diodes Schottky hybrides, qui servent de détecteurs dans certaines sondes, sont sensibles à l'énergie lumineuse et infrarouge. Cela risque d'entraîner une diminution de la lecture. Lorsque des mesures sont réalisées sous une lumière intense, il faut s'assurer que la lecture diminue lorsque la sonde est placée à l'ombre. En abritant la sonde de la lumière, on aura soin de ne pas modifier le champ pour d'autres raisons (mouvements du bras ou du corps).

### 5.7 Instruments de type bolométrique

Les instruments de type bolométrique utilisent des courants RF pour chauffer un élément bolométrique, généralement une thermistance. La mesure de la densité du flux de puissance est donnée par le déséquilibre résultant dans un circuit en pont contenant l'élément bolométrique. Lorsque le déséquilibre est faible, la sortie du pont de thermistances est proportionnelle à la puissance RF dissipée dans l'élément bolométrique. Les thermistances sont auto-protégées et peuvent subir sans dommage des surcharges importantes, puisque la résistance de l'élément change au fur et à mesure que la densité du flux de puissance augmente, provoquant une condition de déséquilibre qui limite la puissance absorbée par l'élément. Ces instruments sont caractérisés par une dérive du zéro due à un changement de la température ambiante. En outre, la sensibilité de l'instrument peut être affectée par les variations de la température ambiante.

### 5.8 Instruments de type thermocouple

Les moniteurs de rayonnement de type thermocouple utilisent généralement des thermocouples à pellicule fine comme éléments de détection. Une partie du film assure la fonction de l'élément d'antenne. Ces instruments ont une caractéristique parfaitement quadratique, la sortie continue du thermocouple étant proportionnelle au carré du champ électrique.

Ces instruments sont relativement indépendants de la température ambiante. Le joint chauffé et le joint froid du thermocouple sont extrêmement proches, ce qui se traduit par une absence de dérive due aux changements de la température ambiante. La variation de la sensibilité est de l'ordre de 0,1 % par degré Celsius.

La principale limitation de cet élément est sa caractéristique de claquage, généralement trois fois la valeur de la déviation totale en puissance moyenne. La déviation totale dépend de la sensibilité de base de la sonde. L'utilisation de pellicules résistives fines assure une très grande largeur de bande.

### 5.9 Réponses parasites

Les instruments et les sondes sont soumis à plusieurs effets parasites. Les effets les plus communs sont décrits ci-dessous, ainsi que les précautions à prendre pour minimiser leur influence sur les mesures.

#### a) Parasites captés par les câbles

Aux fréquences basses, surtout en dessous de 1 MHz, les éléments de dipôle de taille réduite voient leur impédance augmenter considérablement, s'approchant de la résistance des câbles haute résistance utilisés normalement pour la liaison à l'instrument indicateur. Ces câbles peuvent alors envoyer un signal RF au détecteur dans l'élément de la sonde, produisant une indication supérieure à la valeur réelle.

b) Pulse modulation and diodes

Diodes change from a square law to a linear characteristic at high levels with a change in effective resistance. A low duty ratio pulse (i.e. a low mean level) may then give a reading many times higher than the real mean level, approaching the instantaneous peak. This is of importance in radar measurement and sometimes for TV.

c) Light sensitivity

Hybrid Schottky diodes, used as detectors in some probes, are sensitive to light and infra-red energy. This may produce a reduction in the reading. If making measurements in bright light, check the reading for increases by shading the probe. Care should be taken that the field is not altered by other factors (i.e. movement of arm or body) when shading the probe.

### 5.7 *Bolometric type*

Bolometric types utilize RF currents to heat a bolometric element, generally a thermistor. The measure of the power flux density is the resultant imbalance of a bridge circuit containing the bolometric element. For small deviations from balance, the bridge output from the thermistors is proportional to the RF power dissipated in the bolometer element. The thermistors are self-protecting and can withstand large overloads without damage since, as the power flux density increases, the resistance of the element changes causing a mismatch condition, which limits the power absorbed by the element. These units exhibit drift in the zero reading caused by changes in ambient temperatures. In addition, the sensitivity of the units is subject to variation caused by changes in ambient temperature.

### 5.8 *Thermocouple type*

Thermocouple type radiation monitors generally utilize thin-film type thermocouples as the detection elements. Parts of the film perform the function of the antenna element. These units exhibit extremely good adherence to a square-law characteristic, in that the d.c. output from the thermocouple is proportional to the square of the electric field.

These units are relatively independent of ambient temperature. Hot and cold junctions of the couple are in extremely close proximity and result in essentially no drift due to variations in ambient temperature. Variation in sensitivity is of the order of 0,1 % per degree Celsius.

The major limitation of the element is its burnout characteristic, which is usually approximately three times full scale in average power. The full-scale ratings are dependent upon basic probe sensitivity. The utilization of thin resistive films provides very broad bandwidth.

### 5.9 *Spurious responses*

Instruments and probes are subject to various spurious effects. Those most common are described below, together with precautions to be taken to minimize the effects on the readings.

a) Lead pick-up

At low frequencies, principally below 1 MHz, the impedance of small dipole elements increases greatly and can approach the magnitude of the resistance of the high resistance leads normally used for connection to the indicating instrument. The leads may then deliver an RF signal to the detector at the probe element producing a higher indication than the true value.

Pour minimiser cet effet, on s'efforcera d'orienter les câbles radialement par rapport aux sources, c'est-à-dire de pointer la sonde vers la source.

#### b) Effet thermoélectrique des câbles

Les câbles haute résistance sont très difficiles à adapter avec précision sur la totalité de leur longueur. Une différence de résistance entraîne une différence dans la dissipation de puissance, ce qui, dans un champ électrique fort, peut mener à une différence de température et engendrer une faible tension thermoélectrique. Pour les champs lointains, l'effet sur la précision de mesure est négligeable, mais dans un champ à haute impédance (c'est-à-dire  $E$  élevé et  $H$  faible), une lecture négative peut se produire sur la sonde  $H$ .

L'augmentation de la température due à des champs très puissants risque d'endommager définitivement les câbles (avec perte d'étalonnage) ou de provoquer leur mise hors service.

#### c) Captage direct

A proximité immédiate d'un radiateur en termes de longueur d'onde (c'est-à-dire aux fréquences basses), il est possible d'avoir un couplage direct des champs électrostatiques. L'impédance élevée des sondes à champ électrique et la faible sensibilité des éléments de la sonde aux fréquences inférieures à environ 1 MHz contribuent grandement à cette réponse.

##### 1) Test destiné à déceler cet effet

Blinder la sonde avec un écran métallique. L'écran ne doit pas être en contact électrique avec la sonde, l'instrument ou la terre. L'écran doit entièrement recouvrir la tête de la sonde. Si l'instrument présente une lecture du même ordre avec et sans écran, alors les lectures sont erronées.

##### 2) Minimisation du captage direct

Maintenir l'instrument et la sonde à la même hauteur et à la même distance de la source. Isoler l'instrument pour empêcher toute mise à la terre accidentelle, en utilisant un gant en matière isolante pour tenir l'instrument au même niveau que la sonde, tout en gardant la sonde et l'instrument aussi proches que possible (on pourra, par exemple, placer la sonde sur l'instrument et enrouler le câble).

##### 3) Ne procéder à une lecture que lorsque la sonde est immobile.

#### d) Couplage par les sondes

A proximité immédiate d'une surface métallique, des phénomènes de couplage direct (capacitif ou inductif) peuvent se produire avec les éléments de la sonde, en dépit de leur petite taille. Ce genre de couplage, généralement dû au 50 Hz ou aux courants et tensions de la fréquence de synchronisation de la télévision, n'est guère en relation avec les champs RF rayonnés.

Avec la taille des éléments, contenus dans les sondes, d'une dimension hors tout d'environ 100 mm ou moins, l'influence du couplage sur la précision peut être limitée à quelque 0,5 dB à 1 dB, si les distances suivantes sont observées entre la surface de la sonde et les objets métalliques environnants:

- 1) 100 mm pour les fréquences supérieures à 10 MHz;
- 2) 150 mm pour les fréquences entre 3 MHz et 10 MHz;
- 3) 250 mm pour les fréquences entre 100 kHz et 3 MHz.

#### e) Champs dus aux charges statiques

A cause de l'impédance élevée de certains éléments des sondes à champ électrique et des circuits d'entrée des instruments à gain élevé, le déplacement d'une sonde à travers un champ statique risque d'induire une tension, susceptible d'augmenter ou de diminuer la lecture de l'instrument. C'est pourquoi la sonde doit être immobile au moment de la lecture.

#### f) Réponses hors bande

Les sondes peuvent être sensibles aux fréquences en dehors de leur bande définie et cela de plusieurs façons.

Ensuring that leads are oriented radially to the sources should minimize this effect, i.e. the probe is pointed towards the source.

b) Thermoelectric lead effect

High-resistance leads are very difficult to match precisely over their entire length. The differences in resistance result in differences in power dissipation, which in high  $E$ -fields can result in temperature differences and a small thermoelectric voltage being produced. This has a negligible effect on the accuracy of measurement of far-fields. However, in a high impedance field (i.e. high  $E$ , low  $H$ ) a negative reading can occur on the  $H$ -probe.

Temperature rise due to very high fields can cause permanent damage (with loss of calibration) or failure of the leads.

c) Direct pick-up

When very close to a radiator in terms of wavelength (i.e. at low frequencies), direct coupling into electrostatic fields is possible. The high impedance of  $E$ -field probes and the low sensitivity of the probe elements at frequencies below about 1 MHz contribute a large part of this response.

1) Testing for this effect

Shield the probe with a metal shield. The shield shall not make electrical contact with the probe, the meter nor with the earth. The shield shall completely cover the probe head. If the meter readings are similar with and without the shield, then the readings are in error.

2) Minimizing the direct pick-up

Meter and probe are maintained at the same height and the same distance from source. Insulate the meter from possible accidental earthing by using an insulating glove to hold the meter level with the probe, keeping the probe and meter as close as practicable (e.g. mount the probe on the meter and coil the lead).

3) Take readings only while the probe is held stationary.

d) Coupling into probes

When very close to metallic surfaces, there can be direct coupling (capacitive or inductive) to the probe elements, despite their small size. Such coupling bears little relationship to the radiated RF fields and is often due to 50 Hz or TV synchronizing rate currents and voltages.

With the size of elements contained inside probes of approximately 100 mm overall dimensions or less, the effect of coupling on accuracy can be limited to 0,5 dB to 1 dB by maintaining the following separation of the probe surface from any metal:

1) 100 mm for frequencies greater than 10 MHz;

2) 150 mm for frequencies 3 MHz to 10 MHz;

3) 250 mm for frequencies 100 kHz to 3 MHz.

e) Static charge fields

Because of the high impedance of some  $E$ -field probe elements and high gain meter input circuits, movement of a probe through a static field can induce a voltage, which may increase or decrease the meter reading. The probe shall be stationary while the reading is taken.

f) Out-of-band responses

Probes may respond to frequencies outside their defined band in a number of ways.



### 1) Sondes à champ électrique

La plupart des sondes à champ électrique ont une réponse réduite hors bande. De ce fait, la mesure des champs n'est que faiblement influencée à l'intérieur de la bande de fonctionnement de la sonde.

Certaines sondes à champ électrique (et/ou câbles) peuvent être sensibles aux fréquences extrêmement basses (ELF), par exemple les fréquences du secteur d'alimentation ou de synchronisation de ligne et de trame de la télévision, avec un accroissement ou une diminution de la lecture. Elles doivent être testées en vue de connaître leur susceptibilité. Certains types de sonde ont présenté une réponse de ce genre avec une lecture considérablement réduite.

Lorsque des instruments ou des sondes susceptibles de produire de tels effets sont utilisés, il faut soigneusement éviter la présence de champs ELF pendant la mesure des champs RF.

### 2) Sondes à champ magnétique

La plupart des sondes à champ magnétique présentent des réponses résonnantes aux champs électriques au-dessus de leur plage de fonctionnement définie. Ces effets résonnants peuvent produire des indications jusqu'à 40 dB au-dessus du niveau réel du champ hors bande. Cet effet risque d'être aggravé par des effets de pulsation si le champ hors bande est pulsé (par exemple en radar ou en TV).

Lorsqu'on mesure des champs magnétiques, il est important de ne pas perdre de vue les fréquences au-dessus de la plage de fonctionnement définie de la sonde, qui risquent d'influencer la lecture.

Des champs très puissants en dehors de la bande définie peuvent provoquer un échauffement local des câbles haute résistance et risquent d'endommager définitivement les câbles (avec perte d'étalonnage) ou de provoquer une panne totale.

L'incertitude supplémentaire globale due à ces facteurs est difficile à évaluer et variera en fonction du type d'instrument utilisé. Cependant, en suivant une bonne procédure de mesure à travers la largeur de bande de la sonde, les incertitudes peuvent être limitées à une valeur comprise entre 1 dB et 2 dB.

## 5.10 Etalonnage des instruments

L'étalonnage des différents instruments de mesure décrits ci-dessus ne rentre pas dans le propos de la présente norme. Pour des raisons de sécurité, il est cependant important de faire procéder régulièrement à leur re-étalonnage par un laboratoire d'étalonnage accrédité.

Une liste des simples contrôles fonctionnels de routine à réaliser avant et après une campagne de mesures est donnée en 6.1.4.

## 6 Mesures

### 6.1 Procédures préliminaires

#### 6.1.1 Etapes préliminaires

Avant de procéder à l'étude d'un champ électromagnétique potentiellement dangereux, il est important de connaître le plus grand nombre possible de caractéristiques des sources de ces champs et leurs caractéristiques de propagation probables.

Ces connaissances permettront une meilleure estimation des intensités de champ attendues et un choix judicieux des instruments et des procédures de test.



### 1) E-field probes

Most E-field probes have a reduced out-of-band response, which has little effect on measuring fields in the band of operation of the probe.

Some E-field probes (and/or leads) may react to ELF (e.g. mains power or TV line and field rate frequencies) with either an increased or decreased reading and shall be tested for susceptibility. Some types have exhibited such responses, including significantly decreased readings.

Where meters/probes susceptible to such effects are used, care should be taken to avoid ELF fields when measuring RF fields.

### 2) H-field probes

Most H-field probes will have resonant responses to E-fields above their defined operating range. Such resonant effects can give indications up to 40 dB above the real field level of the out-of-band field. This may be further aggravated by pulse effects, if the out-of-band field is pulsed (e.g. radar or TV).

When H-fields are being measured, it is important to be aware of any frequencies above the defined operational range of the probe that could affect the readings.

Very high fields outside the defined band can cause local heating of high-resistance leads which can lead to permanent damage (with loss of calibration) or to total failure.

The overall additional uncertainty caused by these factors is difficult to assess and will vary with the type of meter. However, if good measurement procedures are followed over the bandwidth of the probe, uncertainties can be limited to be within 1 dB or 2 dB.

## 5.10 Calibration of instruments

It is outside the scope of this standard to detail methods of calibration for the various measuring instruments described above but, for safety reasons, it is important that they be recalibrated at regular intervals by an accredited calibration laboratory.

A list of simple routine functional checks to be carried out before and after undertaking a measurement survey is given in 6.1.4.

## 6 Measurement

### 6.1 Preliminary procedures

#### 6.1.1 Preliminary

Before making a survey of potentially hazardous electromagnetic fields, it is important to determine as many as possible of the known characteristics of the sources of these fields and their likely propagation characteristics.

This knowledge will permit a better estimate of expected field strengths and a more appropriate selection of test instruments and test procedures.

a) Une liste de contrôle de la source et des caractéristiques pourra comprendre:

- le type de générateur et la puissance générée;
- la ou les fréquences porteuses;
- les caractéristiques de modulation;
- la polarisation;
- le rapport cyclique, la durée d'impulsion et la fréquence de répétition, si applicable;
- le type d'antenne (sauf si la source est constituée par une fuite) ainsi que d'autres propriétés, par exemple gain, dimensions physiques, diagramme de rayonnement, etc. (les tableaux 1, 2 et 3 donnent des informations détaillées à l'exemple d'antennes représentatives);
- le nombre de sources, y compris d'éventuels signaux hors bande susceptibles d'affecter les mesures.

b) Une liste de contrôle des caractéristiques de propagation pourra comprendre:

- la distance entre la source et l'emplacement de test ou le point de mesure;
- l'existence d'objets absorbants, dispersants ou réfléchissants, susceptibles d'influencer l'intensité du champ au point de mesure.

Les procédures de mesure peuvent varier en fonction des informations sur la source et les conditions de propagation dont on dispose. Si elles sont bien définies, le vérificateur, après avoir évalué les intensités de champ probables et choisi un instrument approprié, pourra procéder à l'étude avec une sonde pour puissances élevées afin d'éviter tout risque de claquage.

Par contre, si les informations ne sont pas bien définies, il peut être nécessaire de réaliser un certain nombre de mesures d'approche autour de l'emplacement de test, en explorant un vaste spectre de fréquences jusqu'à trouver une réponse positive.

Les procédures d'essai seront différentes selon que la source de rayonnement est un radiateur intentionnel ou une source de fuites. S'il s'agit d'un radiateur intentionnel, le vérificateur peut s'approcher, progressivement et en connaissance de cause, du lobe principal et de l'antenne. S'il s'agit d'une source de fuites, le vérificateur doit commencer par régler la gamme et la sonde à bas niveau et s'approcher avec précaution de la source probable des fuites, en restant d'abord à une certaine distance tout au long de la surface externe de l'équipement. Une fois l'emplacement de la fuite confirmé, il pourra commuter l'instrument sur une gamme plus élevée et s'approcher davantage de la source. Pour mesurer des fuites, on utilisera de préférence un capteur non directif et non polarisé, capable de répondre aux signaux de direction et de polarisation arbitraires. Cependant, en présence d'un champ puissant où la source de la fuite est incertaine, il peut être utile de commencer avec une sonde directive pour localiser la source.

#### 6.1.2 Limites du champ proche

Il est important de s'assurer si des mesures doivent être faites dans les champs proches. La limite extérieure du champ proche réactif est fixée à  $\lambda/2$  de la source de rayonnement.

A l'intérieur de la région du champ proche réactif, à proximité de la source de rayonnement, l'impédance du champ est différente de l'impédance du champ lointain. Dans cette situation, la présence de la sonde de mesure risque d'entraîner une perturbation sérieuse des champs réactifs, à tel point qu'une mesure significative peut s'avérer impossible avec les instruments existants.

a) A check-list of source and characteristics may include the following:

- type of generator and generated power;
- carrier frequency or frequencies;
- modulation characteristics;
- polarization;
- duty factor, pulse width and repetition frequency, if relevant;
- type of antenna (unless a leakage source) and such properties as gain, physical dimensions and radiation pattern, etc. (tables 1, 2 and 3 provide details of representative examples of antenna);
- number of sources, including any out-of-band signals that might affect the measurements.

b) A check-list on propagation characteristics may include:

- distance from source to test site or measuring point;
- existence of absorbing, scattering or reflecting objects likely to influence the field strength at the measuring point.

Measurement procedures may differ, depending on the source and propagation information that is available. If the information is well-defined, then the surveyor, after making estimates of expected field strengths and selecting a suitable instrument, may proceed with the survey using a high-power probe, to avoid inadvertent burnout.

On the other hand, if the information is not well-defined, then it may be necessary to make a number of exploratory measurements around the test site, scanning a broad frequency spectrum until some positive response is found.

The test procedures will differ depending on whether the radiation source is an intentional radiator or a leakage source. If an intentional radiator, the surveyor can proceed progressively and knowingly toward the main beam and the antenna. In the case of a leakage source, the surveyor shall start first with low-level probe and range settings as the approach is made cautiously towards the likely sources of leakage, i.e., first at a distance along the exterior surface of the equipment. The instrument is then switched to higher range settings after the location of the leakage is confirmed and a closer approach made. For leakage measurements, a non-directional and non-polarized sensor is desirable because of its ability to respond to signals of arbitrary direction and polarization. However, in cases of strong fields where the source of leakage is uncertain, initially a directional probe may be found helpful in locating the actual source.

#### 6.1.2 *Near-field boundaries*

It is important to establish if any measurements are to be made in near-fields. The outer limit of the reactive near-field shall be taken as  $\lambda/2$  from the radiation source.

Inside the reactive near-field region, close to the radiation source, the field impedance differs from the far-field impedance. In this situation, the presence of the measuring probe can cause serious perturbation of the reactive fields and meaningful measurements with existing instruments may be impossible.

Si  $D > \lambda$ , la limite extérieure du champ proche rayonnant doit être fixée à  $2D^2/\lambda$  de la source de rayonnement,  $D$  étant la dimension la plus grande (hauteur ou largeur) de l'antenne, y compris les éventuels réflecteurs ou directeurs, ainsi que l'image au sol si celle-ci est partie prenante de la conception de l'antenne. A titre d'exemple,  $D$  sera égal à deux fois la hauteur du pylône dans le cas d'un pylône d'ondes moyennes (OM) rayonnant.

Si  $\lambda > D$ , la limite extérieure du champ proche rayonnant peut être fixée à  $2 \lambda$ .

En général, dans les champs proches, il faut mesurer à la fois les composantes électriques et magnétiques de l'intensité de champ pour rendre pleinement compte des caractéristiques de rayonnement du champ (voir 4.7).

Dans le champ lointain, compte tenu des réserves faites en 6.1.4, 6.2.1, 6.2.2 et 6.2.3, la mesure du champ électrique ou du champ magnétique seul pourra être suffisante.

### 6.1.3 Estimation de l'intensité de champ attendue

Pour choisir les instruments de mesure les plus appropriés et établir le plan d'une campagne de mesures, il est inutile de procéder à une estimation trop précise de l'intensité de champ. Par conséquent, les pertes au sol peuvent être négligées dans la plupart des cas et on pourra utiliser les formules de base suivantes.

Pour un radiateur isotrope:

$$S = P/4\pi.d^2 \quad (1)$$

où

$S$  est la densité du flux de puissance en watts par mètre carré ( $W/m^2$ );

$P$  est la puissance délivrée au radiateur en watts (W);

$d$  est la distance de la source en mètres (m).

Par conséquent, pour une antenne pratique et en supposant une propagation à ondes planes dans l'espace libre:

$$E = \frac{5,5 F(\emptyset) (PGi)^{1/2}}{d} \quad (2)$$

$$H = \frac{F(\emptyset) (PGi)^{1/2}}{68,8 d} \quad (3)$$

où

$E$  est l'intensité du champ électrique efficace incident en volts par mètre (V/m), en l'absence de perturbations;

$H$  est l'intensité du champ magnétique efficace incident en ampères par mètre (A/m), en l'absence de perturbations;

$F(\emptyset)$  est le facteur de diagramme de rayonnement horizontal dans la direction de l'emplacement de test ou du point de mesure (si le facteur  $F(\emptyset)$  ne peut pas être déterminé, il convient de le fixer à un);

$P$  est la puissance moyenne rayonnée en watts (W), calculée sur une période de temps donnée, normalement 6 min;

$Gi$  est le gain de l'antenne par rapport à une source isotrope dans l'espace libre.

If  $D > \lambda$ , the outer limit of the radiating near-field shall be taken as  $2D^2/\lambda$  from the radiation source, where  $D$  is the largest dimension (height or width) of the antenna, including any reflecting or directing parts, and also the ground image if this is intrinsic to the antenna design. For example,  $D$  would be twice the height of the mast in the case of a mast radiator for medium frequency (MF) broadcasting.

If  $\lambda > D$ , the outer limit of the radiating near-field may be taken as  $2\lambda$ .

In general in near-fields, it is necessary to measure both the electric and magnetic components of field strength to fully establish the radiation characteristics of the field (see 4.7).

In the far-field, subject to the reservations referred to in 6.1.4, 6.2.1, 6.2.2 and 6.2.3, a measurement of either electric or magnetic field strength may be sufficient.

### 6.1.3 Estimates of expected field strength

For the purpose of selecting the most appropriate measuring instruments and planning a survey, highly accurate estimates of field strength are unnecessary. Consequently, in most cases, ground losses can be ignored and the following basic formulae used.

For an isotropic radiator:

$$S = P/4\pi \cdot d^2 \quad (1)$$

where

$S$  is the power flux density in watts per meter squared ( $\text{W/m}^2$ );

$P$  is the power delivered to the radiator in watts (W);

$d$  is the distance from the source in metres (m).

Hence, for a practical antenna and plane-wave propagation in free space:

$$E = \frac{5,5 F(\varnothing) (PGi)^{1/2}}{d} \quad (2)$$

$$H = \frac{F(\varnothing) (PGi)^{1/2}}{68,8 d} \quad (3)$$

where

$E$  is the incident unperturbed electric r.m.s. field strength in volts per metre (V/m);

$H$  is the incident unperturbed magnetic r.m.s. field strength in amperes per metre (A/m);

$F(\varnothing)$  is the horizontal radiation pattern factor in the direction of the test site or measuring point (if the factor  $F(\varnothing)$  cannot be determined, it should be taken as unity);

$P$  is the mean power radiated in watts, averaged over a stated period of time, usually 6 min;

$Gi$  is the antenna gain expressed as a ratio relative to an isotropic source in free space.

Si le gain de l'antenne est inconnu, on peut se reporter aux tableaux 1, 2 et 3 qui contiennent des informations sur les caractéristiques de certaines antennes d'émission typiques.

Dans le cas des émissions à modulation d'amplitude, la modulation doit être prise en compte dans les calculs. La relation entre la puissance nominale et la puissance moyenne rayonnée pour différents types et classes d'émetteurs figure dans le tableau 4. On suppose les conditions de modulation les plus défavorables, c'est-à-dire 100 % de modulation pour les émetteurs son et le niveau du blanc ou du noir crête pour les émetteurs image à modulation respectivement positive ou négative.

Dans le cas de la télévision, les émissions doivent être étudiées séparément pour l'image et pour le son.

Dans certains cas, il est nécessaire de prendre en considération le diagramme de rayonnement vertical de l'antenne. A titre d'exemple, pour une nappe d'antennes d'ondes courtes (OC) à polarisation horizontale fonctionnant en dessous de 30 MHz, l'angle d'élévation du lobe principal peut produire des intensités de champ élevées dans des structures proches, bien que l'intensité de champ soit faible à proximité du sol. Entre le niveau du sol et l'axe du lobe principal, l'augmentation du champ en fonction de la hauteur s'approche d'une sinusoïdale, l'intensité de champ étant de l'ordre de:

$$E = \frac{5,5 F(\varnothing) (PGi)^{1/2}}{d} \times \frac{\pi h}{2d \sin \Theta} \quad (4)$$

où

$h$  est la hauteur en mètres d'un point en dessous du lobe principal de la nappe à une distance  $d$ ;

$\Theta$  est l'angle d'élévation du lobe principal de la nappe.

Donc,

$$E = \frac{8,6 h F(\varnothing) (PGi)^{1/2}}{d^2 \sin \Theta} \quad (5)$$

Les formules ci-dessus ont toutes été établies en supposant des conditions de champ lointain à ondes planes avec une visibilité directe parfaite entre l'antenne et le point de mesure. Les formules surestiment donc les composantes de rayonnement dans le champ proche rayonnant. Plus la source est proche et plus la surestimation sera importante, et les formules sont inapplicables pour calculer le champ proche réactif. Dans les champs réactifs, une estimation de l'intensité de champ n'est faisable que pour les radiateurs idéaux simples, tels que le dipôle élémentaire.

A cause des réflexions au sol à l'emplacement de test, l'intensité de champ peut être multipliée par un facteur deux aux radiofréquences basses et même davantage aux fréquences plus élevées, où des effets de focalisation ne sont pas exclus.

**Tableau 1 – Exemples d'antennes à polarisation verticale pour les fréquences jusqu'à 30 MHz**

| Type d'antenne                                          | Bande de fréquences MHz | Gain (G) rapport en dBi |
|---------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Antenne unique: 100 m de haut                           | 0,1 – 0,3               | 0,3 – 1,8               |
| Antenne unique: 300 m de haut                           | 0,1 – 0,3               | 1,8 – 3                 |
| Antenne unique: environ $\lambda/4$ de haut             | 0,3 – 30                | 3                       |
| Antenne unique: environ $\lambda/2$ de haut             | 0,5 – 30                | 6                       |
| Nappe directive composée de quatre antennes $\lambda/4$ | 0,3 – 30                | 13                      |
| Antenne logpériodique verticale                         | 2 – 30                  | 12                      |

If the gain of the antenna is not known, some guidance may be obtained from tables 1, 2 and 3 which contain information on the characteristics of typical broadcasting antennas.

For AM emissions, it is necessary to take modulation into account in the calculations. The relationship between rated power and radiated mean power for various types and classes of transmitter is given in table 4. Worst case modulation conditions are assumed, i.e. full modulation for sound transmitters and peak white and black level, respectively, for positively and negatively modulated vision transmitters.

In the case of television, the sound and vision transmissions shall be considered separately.

In some instances, the vertical radiation pattern of the antenna needs to be considered. For example, for horizontally polarized high frequency (HF) antenna arrays operating below 30 MHz, the angle of elevation of the main lobe may produce high field strengths on nearby structures, although the field strength may be low near the ground. From ground level up to the axis of the main lobe, the increase in field strength with height tends to be sinusoidal and approximates to:

$$E = \frac{5,5 F(\Theta) (PGI)^{1/2}}{d} \times \frac{\pi h}{2d \sin \Theta} \quad (4)$$

where

$h$  is the height, in metres, of a point below the main lobe of the array at a distance  $d$ ;

$\Theta$  is the angle of elevation of the main lobe of the array.

Hence,

$$E = \frac{8,6 h F(\Theta) (PGI)^{1/2}}{d^2 \sin \Theta} \quad (5)$$

The above formulae all assume plane-wave, far-field conditions with a clear line of sight between the antenna and measuring point. The formulae therefore overestimate the radiation components in the radiating near-field. The extent of the overestimate will be greater the closer the source and the formulae are not applicable to reactive near-field calculations. The estimation of field strength in reactive fields is only feasible for simple ideal radiators such as the elementary dipole.

Ground reflections at the test position can increase field strength by a factor of two at the lower radiofrequencies, and even more at higher frequencies where focusing effects may be possible.

**Table 1 – Examples of antennas for vertical polarization for frequencies up to 30 MHz**

| Type of antenna                                | Frequency band<br>MHz | Gain ( $G$ )<br>ratio in dBi |
|------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Single antenna: 100 m high                     | 0,1 – 0,3             | 0,3 – 1,8                    |
| Single antenna: 300 m high                     | 0,1 – 0,3             | 1,8 – 3                      |
| Single antenna: approx. $\lambda/4$ high       | 0,3 – 30              | 3                            |
| Single antenna: approx. $\lambda/2$ high       | 0,5 – 30              | 6                            |
| Directional array of four $\lambda/4$ antennas | 0,3 – 30              | 13                           |
| Vertical log-periodic antenna                  | 2 – 30                | 12                           |



**Tableau 2 – Exemples d'antennes à polarisation horizontale pour les fréquences jusqu'à 30 MHz**

| Type d'antenne                                                             | Bande de fréquences MHz | $\Theta$ (angle d'élévation du rayonnement maximal) | Gain ( $G$ ) rapport en dBi |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|
| Dipôle $\lambda/2$ , hauteur du sol $\lambda/2$                            | 2 – 30                  | 30°                                                 | 7                           |
| Antenne rideau HR 2/2/0,5                                                  | 4 – 30                  | 18°                                                 | 40                          |
| Antenne rideau HR 4/4/0,5                                                  | 6 – 30                  | 9°                                                  | 130                         |
| Antenne rhombique avec 3 $\lambda$ de côté, 0,6 $\lambda$ au-dessus du sol | 4 – 30                  | 20°                                                 | 60                          |
| Antenne rhombique avec 5 $\lambda$ de côté, 1 $\lambda$ au-dessus du sol   | 6 – 30                  | 13°                                                 | 110                         |
| Antenne logpériodique horizontale                                          | 3 – 30                  | 25°                                                 | 25                          |

**Tableau 3 – Exemples d'antennes pour les fréquences supérieures à 30 MHz**

| Type d'antenne ou application                     | Bande de fréquences MHz | Gain ( $G$ ) rapport en dBi |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Antenne à diffusion troposphérique, diamètre 12 m | 900                     | $8 \times 10^3$             |
| Antenne à diffusion troposphérique, diamètre 27 m | 900                     | $4 \times 10^4$             |
| Antenne d'émetteur de télévision                  | 470 – 854               | 32                          |
| Antenne d'émetteur de radio                       | 87 – 108                | 10                          |

**Tableau 4 – Puissance rayonnée moyenne en fonction de la puissance nominale pour les différents types et classes d'émission en modulation d'amplitude**

| Type d'émission                                                  | Puissance nominale    | Puissance moyenne         |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Son AM, DBL                                                      | $P_{\text{porteuse}}$ | $1,5 P_{\text{porteuse}}$ |
| Son AM, BLU (6 dB de réduction porteuse)                         | PEP                   | 0,5 PEP                   |
| Son AM, BLU (12 dB de réduction porteuse)                        | PEP                   | 0,6 PEP                   |
| Image TV, 625 lignes, modulation positive                        | PEP                   | 0,8 PEP                   |
| Image TV, 625 lignes, modulation négative                        | PEP                   | 0,6 PEP                   |
| Image TV, 525 lignes, modulation négative                        | PEP                   | 0,6 PEP                   |
| FM (ensemble des services)                                       | $P_{\text{porteuse}}$ | $1,0 P_{\text{porteuse}}$ |
| NOTE<br>DBL: double bande latérale<br>BLU: bande latérale unique |                       |                           |

**Table 2 – Examples of antennas for horizontal polarization, for frequencies up to 30 MHz**

| Type of antenna                                          | Frequency band<br>MHz | $\Theta$ (elevation angle of<br>maximum radiation) | Gain ( $G$ )<br>ratio in dBi |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
| $\lambda/2$ dipole, $\lambda/2$ above ground             | 2 – 30                | 30°                                                | 7                            |
| HR 2/2/0,5 curtain array                                 | 4 – 30                | 18°                                                | 40                           |
| HR 4/4/0,5 curtain array                                 | 6 – 30                | 9°                                                 | 130                          |
| Rhombic, 3 $\lambda$ side,<br>0,6 $\lambda$ above ground | 4 – 30                | 20°                                                | 60                           |
| Rhombic, 5 $\lambda$ side,<br>1 $\lambda$ above ground   | 6 – 30                | 13°                                                | 110                          |
| Horizontal log-periodic                                  | 3 – 30                | 25°                                                | 25                           |

**Table 3 – Examples of antennas for frequencies above 30 MHz**

| Type of antenna or application | Frequency band<br>MHz | Gain ( $G$ )<br>ratio in dBi |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 12 m diameter troposcatter     | 900                   | $8 \times 10^3$              |
| 27 m diameter troposcatter     | 900                   | $4 \times 10^4$              |
| TV broadcast                   | 470 – 854             | 32                           |
| Radio broadcast                | 87 – 108              | 10                           |

**Table 4 – Mean radiated power as a function of rated power for various types and classes of AM transmission**

| Type of transmission                                 | Rated power          | Mean power               |
|------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| AM sound, DSB                                        | $P_{\text{carrier}}$ | $1,5 P_{\text{carrier}}$ |
| AM sound, SSB (6 dB carrier reduction)               | PEP                  | 0,5 PEP                  |
| AM sound, SSB (12 dB carrier reduction)              | PEP                  | 0,6 PEP                  |
| TV vision, 625-line positive modulation              | PEP                  | 0,8 PEP                  |
| TV vision, 625-line negative modulation              | PEP                  | 0,6 PEP                  |
| TV vision, 525-line negative modulation              | PEP                  | 0,6 PEP                  |
| FM (all services)                                    | $P_{\text{carrier}}$ | $1,0 P_{\text{carrier}}$ |
| NOTE<br>DSB: double sideband<br>SSB: single sideband |                      |                          |

## NOTES

- 1 Si le gain d'une antenne est rapporté à la puissance du dipôle demi-onde, il doit être multiplié par 1,6 pour obtenir le gain  $G_i$  par rapport à une source isotrope.
- 2 Si le gain d'une antenne est exprimé par  $G_v$ , c'est-à-dire rapporté à la puissance d'un monopole vertical court, il faut le multiplier par 3 pour le convertir en gain  $G_i$ , c'est-à-dire rapporté à une source isotrope.

### 6.1.4 Essais de fonctionnement des instruments de mesure

Avant de commencer une campagne de mesures, il est fortement recommandé de réaliser quelques essais de fonctionnement simples pour s'assurer que les instruments de mesure fonctionnent correctement.

Une telle liste de contrôle pourra comprendre les étapes suivantes.

- a) Faire une mesure appropriée du champ lointain d'une source de rayonnement connue.
- b) Si la sonde est isotrope, s'assurer que la lecture est peu affectée par l'orientation de la sonde.
- c) Changer la direction des câbles du capteur, tout en gardant la sonde immobile, pour vérifier l'absence de captage indésirable sur les câbles.
- d) Si un deuxième instrument est disponible, comparer leurs lectures.
- e) Si possible, comparer la lecture avec l'intensité de champ attendue (ou calculée).

Répéter les essais ci-dessus à la fin de la campagne de mesures pour s'assurer que l'instrument de mesure n'a pas été endommagé de façon inopinée en cours d'utilisation.

### 6.1.5 Normes d'exposition – champs perturbés, exposition partielle du corps et champs proches

Les applications pratiques des limites d'exposition normalisées peuvent donner lieu à confusion. Les niveaux d'intensité de champ sont toujours donnés pour des champs non perturbés, alors que dans la pratique, le champ dans la zone d'intérêt risque d'être perturbé par des réflexions locales, même en l'absence d'un corps. Si la norme d'exposition applicable ne comporte aucune indication spécifique sur la procédure à suivre dans ce type de situation ou en cas d'exposition partielle du corps, il convient d'appliquer la procédure suivante.

Une série de mesures de l'intensité du champ doit être effectuée sur une hauteur de 2 m, correspondant à la position normalement occupée par le corps, mais en l'absence d'un corps. Dans la présentation des résultats, la valeur moyenne doit être indiquée conjointement avec la valeur maximale mesurée.

## 6.2 Procédures de mesure

### 6.2.1 Conditions de champ lointain avec une seule source

La mesure d'un champ à ondes planes et à polarisation linéaire, dont la source, l'emplacement, la fréquence et l'orientation de la polarisation sont connus, sera aisément réalisée à l'aide d'un des instruments de mesure décrits dans l'article 5, compte tenu des limitations et des précautions à observer pour chaque type d'instrument, telles qu'elles sont examinées dans cet article. Comme il a été dit, des ondes stationnaires risquent d'affecter la répartition de l'intensité de champ, même dans la région du champ lointain.

Si le balayage continu est remplacé par des mesures à points multiples, les mesures doivent être prises à un nombre suffisant de points, selon la longueur d'onde, pour être sûr que les maxima et les minima approximatifs ont été mesurés. En assemblant ou en tenant l'antenne de mesure ou la sonde, des précautions doivent être prises pour éviter d'influencer le champ par des réflexions, etc. dues aux structures de fixation ou au corps de l'opérateur. Dans la mesure du possible, il convient que les câbles soient perpendiculaires au champ électrique.

## NOTES

- 1 If the gain of an antenna is given as a power ratio relative to a half-wave dipole, it should be multiplied by 1,6 to convert to gain  $G_i$  referred to an isotropic source.
- 2 If the gain of an antenna is given as  $G_v$ , a power ratio relative to a short vertical monopole, it should be multiplied by 3 to convert to gain  $G_i$  referred to an isotropic source.

#### 6.1.4 Functional tests for measuring instruments

Before commencing a measurement survey it is strongly recommended that some simple functional tests be made on the measuring instruments to confirm that they function correctly.

Such a check-list could include the following.

- a) Take a suitable far-field reading on a known radiation source.
- b) If the probe is isotropic, check that the reading is largely independent of probe orientation.
- c) Change the direction of the sensor leads whilst keeping the probe stationary to check for undue pickup on the leads.
- d) If a second instrument is available, compare their readings.
- e) If possible, compare the reading with the expected (or calculated) field strength.

Repeat the above tests after the survey has been completed, in order to check there has been no inadvertent damage to the measuring instrument during use.

#### 6.1.5 Exposure standards – perturbed fields, partial body exposure, and near-fields

There can be considerable scope for confusion in applying the limits in exposure standards to practical situations. Invariably, field strength levels are quoted for unperturbed fields, whereas in practice, local reflections can perturb the field in the area of interest, even without a body being present. If the relevant exposure standard does not contain specific guidance on how to deal with this type of situation or with partial body exposure, the following procedure should be followed.

A series of field-strength measurements shall be made throughout a height of 2 m, corresponding to the position of interest to be occupied by the body, but with the body absent. In the presentation of the results, the average value shall be stated together with the maximum value measured.

### 6.2 Measurement procedures

#### 6.2.1 Far-field, single-source conditions

The measurement of a linearly polarized plane-wave field, whose source, location, frequency and polarization orientation are known, may easily be performed using one of the measuring instruments described in clause 5, taking due regard to the limitations and precautions to be observed for each type of instrument as discussed in that clause. It was also mentioned that standing waves are likely to affect the field-strength distribution, even in the far-field region.

If multiple-point measurements are performed instead of continuous scans, measurements shall be taken at a sufficient number of points, depending on wavelength to ensure that the approximate maxima and minima have been measured. While mounting or holding the measuring antenna or probe, care shall be taken to avoid reflections or alterations to the field by support structures or by the operator's body. Cables should be perpendicular to the electric field, if practicable.