

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand-alone broadcast transmitter (30 MHz – 40 GHz)**

**Evaluation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques provenant des émetteurs de radiodiffusion isolés (30 MHz – 40 GHz)**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62577

Edition 1.0 2009-08

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand-alone broadcast transmitter (30 MHz – 40 GHz)**

**Evaluation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques provenant des émetteurs de radiodiffusion isolés (30 MHz – 40 GHz)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

T

ICS 13.280; 17.240; 33.170

ISBN 2-8318-1057-0

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references .....	5
3 Terms and definitions .....	5
4 Physical quantities, units and constants .....	9
4.1 Quantities.....	9
4.2 Constants.....	10
5 Applicability of compliance assessment methods.....	10
5.1 Overview .....	10
5.2 Assessment procedure .....	10
5.3 Representative antennas for each service .....	11
6 SAR measurement and calculation .....	12
6.1 Whole-body SAR inherent compliance .....	12
6.2 SAR compliance.....	12
7 Electromagnetic field measurement.....	12
7.1 Measurement .....	12
7.2 Measurement uncertainty .....	13
8 Electromagnetic field calculation .....	16
8.1 Procedures to calculate the electromagnetic field .....	16
8.2 Field regions .....	17
8.3 Calculation models.....	18
9 Contact currents measurement and calculation.....	19
10 Induced current measurement and calculation.....	19
Annex A (normative) Field measurement in a volume surrounding the EUT.....	20
Annex B (informative) Compliance boundary examples.....	23
Bibliography.....	25
Figure 1 – Alternative routes to calculate E-field, H-field values at point of investigation.....	17
Figure A.1 – Block diagram of the EUT measurement system .....	20
Figure A.2 – Cylindrical, cartesian and spherical co-ordinates defined relative to the EUT .....	21
Table 1 – Applicable methods for each antenna region .....	11
Table 2 – Representative antennas.....	12
Table 3 – Recommended parameters.....	13
Table 4 – Uncertainty evaluation.....	16
Table B.1 – Compliance boundary examples.....	24

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EVALUATION OF HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS  
FROM A STAND-ALONE BROADCAST TRANSMITTER  
(30 MHz – 40 GHz)**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 62577 has been prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure, and CENELEC TC 106X: Electromagnetic fields in the human environment.

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

FDIS	Report on voting
106/176/FDIS	106/179/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.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

**IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.**

# EVALUATION OF HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS FROM A STAND-ALONE BROADCAST TRANSMITTER (30 MHz – 40 GHz)

## 1 Scope and object

This International Standard applies to a single stand-alone broadcast transmitter operating in the frequency range 30 MHz to 40 GHz when put on the market (see Note 1).

The objective of the standard is to specify, for such equipment operating in typical conditions, the method for assessment of compliance distances according to the basic restrictions (directly or indirectly via compliance with reference levels) related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields.

NOTE 1 This standard only applies to broadcast transmitters being placed on the market (type approval) and does not apply to broadcast transmitters being commissioned or placed into service.

NOTE 2 Compliance certification depends on the policy of national regulatory bodies.

## 2 Normative references

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

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

EN 50413, *Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

### 3.1

#### **antenna**

device that serves as a transducer between a guided wave (e.g. coaxial cable) and a free space wave, or vice versa

### 3.2

#### **basic restriction**

restrictions on exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields that are based directly on established health effects

### 3.3

#### **broadcasting service**

radiocommunication service in which the transmissions are intended for direct reception by the general public. This service may include sound transmissions, television transmissions or other types of transmission

**3.4****compliance distance**

minimum distance from the antenna where a point of investigation is deemed to be compliant. The set of compliance distances therefore defines the boundary outside which the exposure levels do not exceed the basic restrictions irrespective of the time of exposure. The distances are measured related to the nearest point of the antenna in each investigation direction

**3.5****conductivity** **$\sigma$** 

ratio of the conduction-current density in a medium to the electric field strength. Conductivity is expressed in units of siemens per metre (S/m)

**3.6****contact current**

current produced in the body involved by human contact with metallic objects in the field. Shocks and burns can be the adverse indirect effects. Contact current relates to an instantaneous effect and so can't be time-averaged

**3.7****electric field strength** **$E$** 

magnitude of a field vector at a point that represents the force ( $F$ ) on a positive small charge ( $q$ ) divided by the charge

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

Electric field strength is expressed in units of volt per metre (V/m).

**3.8****electric flux density** **$D$** 

magnitude of a field vector that is equal to the electric field strength ( $E$ ) multiplied by the permittivity ( $\epsilon$ )

$$D = \epsilon E \quad (2)$$

Electric flux density is expressed in units of coulomb per square metre (C/m<sup>2</sup>).

NOTE See also IEC 121-11-40.

**3.9****equipment under test****EUT**

device (such as transmitter, or antenna as appropriate) that is the subject of the specific test investigation being described

**3.10****induced current**

currents circulating inside a human body resulting directly from an exposure to an electromagnetic field

**3.11****intrinsic impedance (of free space  $\eta_0$ )** $\eta_0$ 

ratio of the electric field strength to the magnetic field strength of a propagating electromagnetic wave. The intrinsic impedance of a plane wave in free space is  $120 \pi$  (approximately  $377 \Omega$ )

**3.12****isotropic radiator**

a hypothetical antenna, without loss, having equal radiation intensities in all directions and serving as a convenient reference for expressing the directional properties of actual antennas

NOTE Deviations of isotropy have to be considered at all measured values of EMF with regard to various angles of incidence and polarization of the measured field. In this document it is defined for incidences covering a hemisphere centred at the tip of the probe, with an equatorial plane normal to the probe and expanding outside the probe. The axial isotropy is defined by the maximum deviation of the measured quantity when rotating the probe along its main axis with the probe exposed to a reference wave with normal incidence with regard to the axis of the probe. The hemispherical isotropy is defined by the maximum deviation of the measured quantity when rotating the probe along its main axis with the probe exposed to a reference wave with varying angles of incidences and polarisation with regard to the axis of the probe in the half space in front of the probe.

**3.13****linearity**

when all relationships between a reference quantity and the deviations of this quantity lie along a straight line (e.g. of an antenna or any other technical device). The maximum deviation over the measurement range of the measured quantity value from the closest linear reference curve defined over a given interval should be taken into account in measurement procedures

**3.14****magnetic field strength** **$H$** 

magnitude of a field vector in a point that results in a force ( $F$ ) on a charge  $q$  moving with the velocity  $v$

$$F = q(v \times \mu H) \quad (3)$$

The magnetic field strength is expressed in units of ampere per metre (A/m).

**3.15****magnetic flux density** **$B$** 

magnitude of a field vector that is equal to the magnetic field strength  $H$  multiplied by the permeability ( $\mu$ ) of the medium

$$B = \mu H \quad (4)$$

Magnetic flux density is expressed in units of tesla (T).

**3.16****modulation**

process, or the result of the process, where some characteristic of the wave (amplitude, frequency or phase) is varied in accordance with another wave or signal. It must also be taken into consideration when carrying out measurements and calculations to determine whether or not the limits are being exceeded

**3.17**  
**permeability**

$\mu$

magnetic permeability of a material defined by the magnetic flux density  $B$  divided by the magnetic field strength  $H$ :

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (5)$$

where

$\mu$  is the permeability of the medium expressed in henry per metre (H/m).

**3.18**  
**permittivity**

$\varepsilon$

property of a dielectric material (e.g., biological tissue) defined by the electrical flux density  $D$  divided by the electrical field strength  $E$

$$\varepsilon = \frac{D}{E} \quad (6)$$

The permittivity is expressed in units of farad per metre (F/m).

**3.19**  
**point of investigation**

PI

location in space at which the value of  $E$ -field,  $H$ -field, power flux density or  $SAR$  is evaluated. This location is defined in cartesian, cylindrical or spherical co-ordinates relative to the reference point on the EUT

**3.20**  
**power density**

S

radiant power incident perpendicular to a surface, divided by the area of the surface. The power density is expressed in units of watt per square metre ( $W/m^2$ )

**3.21**  
**reference levels**

reference levels of exposure are provided for comparison with measured values of physical quantities

NOTE 1 Compliance with all reference levels given in these guidelines will ensure compliance with basic restrictions. If measured values are higher than reference levels, it does not necessarily follow that the basic restrictions have been exceeded, but a more detailed analysis is necessary to assess compliance with the basic restrictions.

NOTE 2 In the frequency range 30 MHz to 40 GHz the reference levels are expressed as electric field strength, magnetic field strength, power density values and contact currents.

**3.22**  
**relative permittivity**

$\varepsilon_r$

ratio of the permittivity of a dielectric material to the permittivity of free space i.e.:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (7)$$

### 3.23 root-mean-square r.m.s.

value obtained by taking the square root of the average of the square of the value of the periodic function taken throughout one period. See also IEV 101-14-15.

### 3.24 specific absorption rate SAR

time derivative of the incremental energy ( $dW$ ) absorbed by (dissipated in) an incremental mass ( $dm$ ) contained in a volume element ( $dV$ ) of given mass density ( $\rho$ )

$$SAR = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (8)$$

SAR is expressed in units of watt per kilogram (W/kg).

NOTE SAR can be calculated by:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (9)$$

where

$E_i$  is the r.m.s. value of the electric field strength in the tissue in V/m;

$\sigma$  is the conductivity of body tissue in S/m;

$\rho$  is the density of body tissue in kg/m<sup>3</sup>.

### 3.25 transmitter

device to generate radio frequency power for the purpose of communication but on its own is not intended to radiate it

## 4 Physical quantities, units and constants

### 4.1 Quantities

The internationally accepted SI-units are used throughout the standard.

<u>Quantity</u>	<u>Symbol</u>	<u>Unit</u>	<u>Dimensions</u>
Current density	$J$	ampere per square metre	A/m <sup>2</sup>
Electric field strength	$E$	volt per metre	V/m
Electric flux density	$D$	coulomb per square metre	C/m <sup>2</sup>
Electric conductivity	$\sigma$	siemens per metre	S/m
Frequency	$f$	hertz	Hz
Magnetic field strength	$H$	ampere per metre	A/m
Magnetic flux density	$B$	tesla (Vs/m <sup>2</sup> )	T
Mass density	$\rho$	kilo per cubic metre	kg/m <sup>3</sup>
Permeability	$\mu$	henry per metre	H/m
Permittivity	$\epsilon$	farad per metre	F/m
Specific absorption rate	SAR	watt per kilogram	W/kg
Wavelength	$\lambda$	metre	m
Temperature	$T$	kelvin	K

## 4.2 Constants

<u>Physical constant</u>		<u>Magnitude</u>
Speed of light in a vacuum	$c$	$2,997 \times 10^8$ m/s
Permittivity of free space	$\epsilon_0$	$8,854 \times 10^{-12}$ F/m
Permeability of free space	$\mu_0$	$4 \pi \times 10^{-7}$ H/m
Impedance of free space	$\eta_0$	$120 \pi$ (approx. 377) $\Omega$

## 5 Applicability of compliance assessment methods

### 5.1 Overview

Guidelines and recommended limits on human exposure to radio waves give basic restrictions in terms of *SAR* or power flux density and also reference levels in terms of contact current and field strengths or power density.

The compliance boundary defines the volume outside which the exposure levels do not exceed the basic restrictions irrespective of the time of exposure for the specific operating conditions of the broadcast transmitter. The compliance boundary is determined via a procedure where sufficient points of investigation are assessed.

It is technically possible to determine the compliance distance through measurements or calculations of *SAR* or electromagnetic fields relating to basic restrictions or reference levels, since compliance to the reference levels guarantees compliance to the basic restrictions.

Where the assessment is made through *SAR*, it should be noted that both localised and whole-body basic restrictions must be considered. Spatial averaging may be used with field strength assessments in order to assess whole-body *SAR*.

### 5.2 Assessment procedure

#### 5.2.1 Methods

This standard describes measurement and calculation methods that may be used to establish the compliance distances (see Table 1).

**Table 1 – Applicable methods for each antenna region**

	Applicable methods for each antenna region <sup>a to c</sup>		
	Reactive near-field	Radiating near-field	Far-field
Basic restriction evaluation	SAR or power density evaluation (calculation or measurement) – Clause 6 <sup>b</sup>		
Reference level calculation	<i>E</i> -field <u>and</u> <i>H</i> -field calculation Clause 8	<i>E</i> -field <u>or</u> <i>H</i> -field calculation Clause 7 <sup>c</sup>	<i>E</i> -field <u>or</u> <i>H</i> -field calculation – Clause 8
	Induced currents calculation Clause 10		Induced current calculation Clause 10
Reference level measurement	<i>E</i> -field <u>and</u> <i>H</i> -field measurement Clause 7 <sup>c</sup>  Induced currents measurement Clause 10	<i>E</i> -field <u>or</u> <i>H</i> -field measurement Clause 7 <sup>c</sup>  Induced currents measurement Clause 10	<i>E</i> -field <u>or</u> <i>H</i> -field measurement Clause 7 <sup>c</sup>  Induced currents measurement Clause 10
<p><sup>a</sup> Compliance with the reference level will ensure compliance with the relevant basic restriction. If the measured or calculated value exceeds the reference level, it does not necessarily follow that the basic restriction will be exceeded. However, whenever a reference level is exceeded, it is necessary to test compliance with the relevant basic restriction and to determine whether additional protective measures are necessary.</p> <p><sup>b</sup> SAR calculation is the reference, since it takes into account the fine structure of the head/body.</p> <p><sup>c</sup> Due to the existing probes on the market, above 2,5 GHz, only the <i>E</i>-field is measured and calculation on <i>H</i> level has to be performed.</p>			

### 5.2.2 Compliance distances

The distances are measured related to the nearest point of the antenna in each investigation direction. The boundary of all compliance distances may have a complex shape. It may be simplified by a simple boundary (e.g. sphere or cylinder) provided any points of investigation outside the compliance boundary shall be in compliance with the limits. Moreover the shape of the compliance boundary shall be accurately described in the assessment report. Clause 7 gives information on field measurements.

Basic restriction evaluation and field evaluation according to the reference levels can give directly the compliance distances.

In the case of field measurements, the compliance boundary may be deduced by scaling the results with measurement distance, relevant input powers, relevant frequencies, bands and modes, provided the resulting compliance boundary is entirely outside the antenna reactive near field. Clause 8 gives information on field levels calculations.

### 5.3 Representative antennas for each service

For each band, the representative antennas are defined in Table 2 for defined broadcasting bands. In this example they are bands defined by the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT).

**Table 2 – Representative antennas**

Frequency bands and services	Representative antennas (in free space conditions)
VHF Band I (47 MHz – 68 MHz) mainly TV broadcast services	$\lambda/2$ dipole tuned at 57 MHz
VHF Band II (88 MHz – 108 MHz) mainly sound FM broadcast services	$\lambda/2$ dipole tuned at 98 MHz
VHF Band III (174 MHz – 230 MHz)	$\lambda/2$ dipole tuned at 202 MHz
UHF Band IV (470 MHz – 650 MHz) mainly TV broadcast services	$\lambda/2$ dipole tuned at 560 MHz
UHF Band V (650 MHz – 862 MHz) mainly TV broadcast services	$\lambda/2$ dipole tuned at 706 MHz
SHF band L (1 452 MHz – 1 467,5 MHz)	Horn antenna centred at 1 460 MHz, with gain of 6 dBi
All other broadcasting bands above 2 GHz up to 40 GHz	Horn antenna centred at the middle of the band with a gain of 20 dBi

With this list of representative antennas, it is possible to qualify all broadcast transmitters with three characteristics, power, frequency and modulation, and to fix a compliance boundary.

Compliance boundary examples for representative antennas are detailed in Annex B.

## 6 SAR measurement and calculation

### 6.1 Whole-body SAR inherent compliance

If the maximum r.m.s. power of a transmitter is less than the values specified in the next equation (10), the maximum exposure will not exceed the whole-body averaged SAR compliance limits under any conditions and thus whole-body SAR measurements are not necessary.

$$P_{\max} [\text{W}] = SAR_{WB} [\text{W/kg}] \times 12,5 [\text{kg}] \tag{10}$$

where

$P_{\max}$  is the maximum r.m.s. power, and

$SAR_{WB}$  is the whole-body SAR limit.

The whole-body SAR exclusion power levels have been derived based on the following assumptions:

- a) all of the power emitted from the transmitter through the antenna is absorbed in the body (worst-case assumption);
- b) the body mass for a 4-year-old child has been taken as 12,5 kg. This is the 3<sup>rd</sup> percentile body weight data for girls and women.

### 6.2 SAR compliance

Whole-body and localised SAR measurements and calculations are described in EN 50413.

## 7 Electromagnetic field measurement

### 7.1 Measurement

The methods used are to measure directly or indirectly the *E*-field or *H*-field strength and deduce the field distribution for a given input power and frequency.

Dependent on the application, the field measurements ( $E$  and  $H$  and therefore the power density) can be obtained at points of investigation, either along a line or by surface or volume scanning.

Table 3 describes the recommended resolution bandwidth (RBW) and video bandwidths (VBW) for different types of radio services to take their modulation into account, but other parameters can be used provided that they are justified.

**Table 3 – Recommended parameters**

Type of service	RBW kHz	VBW kHz
FM	300	30
TV video	1 000	300
TV audio	300	30
Digital TV (DVB)	8 000	300
Digital TV (ISDB-T)	6 000	300 <sup>a</sup>
Digital radio (DAB)	2 000	100
Digital radio (ISDB-Tsb)	428,5×N <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> Example		
<sup>b</sup> N is total number of segments		

Annex A details one possible measurement method: the volume measurement. Other methods can be used with appropriate justifications.

## 7.2 Measurement uncertainty

### 7.2.1 Expression of uncertainty in measurement

The evaluation of uncertainty in the measurement of the electromagnetic fields values shall be based on the general rules provided by the *ISO/IEC Guide to the expression of uncertainty in measurement*. An evaluation of type A as well as type B of the standard uncertainty shall be used.

When a type A analysis is performed, the standard uncertainty ( $u_j$ ) shall be derived from the estimate from statistical observations. When type B analysis is performed,  $u_j$  comes from the upper ( $a_+$ ) and lower ( $a_-$ ) limits of the quantity in question, depending on the distribution law defining

$$a = (a_+ - a_-)/2$$

then:

- rectangular law:  $u_j = a/\sqrt{3}$
- triangular law:  $u_j = a/\sqrt{6}$
- normal law:  $u_j = a/k$  where  $k$  is a coverage factor
- U-shaped (asymmetric):  $u_j = a/\sqrt{2}$

## 7.2.2 Contribution of the measurement equipment

### a) Calibration of the measurement equipment

The uncertainty in the sensitivity shall be evaluated assuming a normal probability distribution.

### b) Probe isotropy

The uncertainty due to isotropy shall be evaluated with a rectangular probability distribution.

### c) Probe linearity

A correction shall be performed to establish linearity. The uncertainty is considered after this correction. The uncertainty due to linearity shall be evaluated assuming it has a rectangular probability distribution.

### d) *E*-field or *H*-field values out of measurement range

Errors may be introduced if local measurements are outside the measurement range of the measurement device. If an *E*-field or *H*-field level is below the lower detection limit, then the value of the measurement device detection limit shall be used. If the *E*-field or *H*-field level is above the upper measurement device limit then the measurement shall be considered invalid. The uncertainty due to detection limits shall be evaluated assuming it has a rectangular probability distribution.

### e) Measurement device

The uncertainty contribution from the measurement device shall be evaluated with reference to its calibration certificates. The uncertainty due to the measurement device shall be evaluated assuming a normal probability distribution.

### f) Electrical noise

This is the signal detected by the measurement system even if the EUT is not transmitting. The sources of these signals include RF noise (lighting systems, the scanning system, grounding of the laboratory power supply, etc.), electrostatic effects (movement of the probe, people walking, etc.) and other effects (light-detecting effects, temperature, etc.). The electrical noise level shall be determined by three different coarse scans with the RF source switched off or with an absorbing load connected to the output of the transmitter. None of the evaluated points shall exceed - 25 dB of the lowest incident field being measured. Within this constraint, the uncertainty due to noise shall be neglected.

### g) Contribution of the power chain

The mismatch in the power chain leads to an uncertainty in the evaluation of the emitted power from the power measured by the power metre.

### h) Contribution of the mechanical constraint

The mechanical constraints of the positioning system introduce uncertainty to the electromagnetic fields measurements through the accuracy and repeatability of positioning. These parameters shall be evaluated with reference to the positioning system's specifications. The uncertainty in distance between the measurement point and the EUT shall be added directly to the compliance distance and shall play no other part in uncertainty calculations.

i) Matching between probe and EUT references

Before each scan the alignment between position of the probe and the EUT shall be verified using three reference points.

### 7.2.3 Contribution of physical parameters

a) Drift in input power of the EUT, probe, temperature and humidity

The drift due to electronics of the EUT and the measurement equipment, as well as temperature and humidity, are controlled by the first and last step of the measurement process defined in the measurement procedure and the resulting error shall be less than  $\pm 5\%$ . The uncertainty shall be evaluated assuming a rectangular probability distribution.

b) Perturbation by the environment

The perturbation of the environment results from various contributing factors:

- reflection of wave in the laboratory;
- influence of the EUT and isotropic probe positioner;
- influence of cables and equipment;
- background level of electromagnetic fields.

### 7.2.4 Contribution of the post-processing

The error introduced by the extrapolation and interpolation algorithms shall be evaluated assuming a normal probability distribution.

### 7.2.5 Uncertainty evaluation

#### 7.2.5.1 Combined and expanded uncertainties

The contributions of each component of uncertainty shall be registered with their name, probability distribution, sensitivity coefficient and uncertainty value. The results shall be recorded in a table of the following form. The combined uncertainty shall then be evaluated according to the following formula:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2} \quad (11)$$

where

$c_i$  is the weighting coefficient (sensitivity coefficient).

The expanded uncertainty shall be evaluated using a confidence interval of 95 %.

**Table 4 – Uncertainty evaluation**

Uncertainty sources	Description (subclause)	Uncertainty value for <i>E</i> and <i>H</i> %	Probability distribution	Divisor	<i>c<sub>i</sub></i>	Standard uncertainty %
<b>Measurement equipment</b>	7.2.2					
Calibration			Normal	1 or k	1	
Isotropy			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Linearity			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Fields out of measurement range			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Measurement device			Normal	1 or k	1	
Noise			Normal	1	1	
Power chain			Normal	1	1	
<b>Mechanical constraints</b>	0					
Positioning system			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Matching between probe and the EUT			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
<b>Physical parameters</b>	7.2.3					
Drifts in output power of the EUT, probe, temperature and humidity			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Perturbation by the environment			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
<b>Combined standard uncertainty (11)</b>			$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
<b>Expanded uncertainty</b> (confidence interval of 95 %)			Normal	$u_e = 1,96 u_c$		

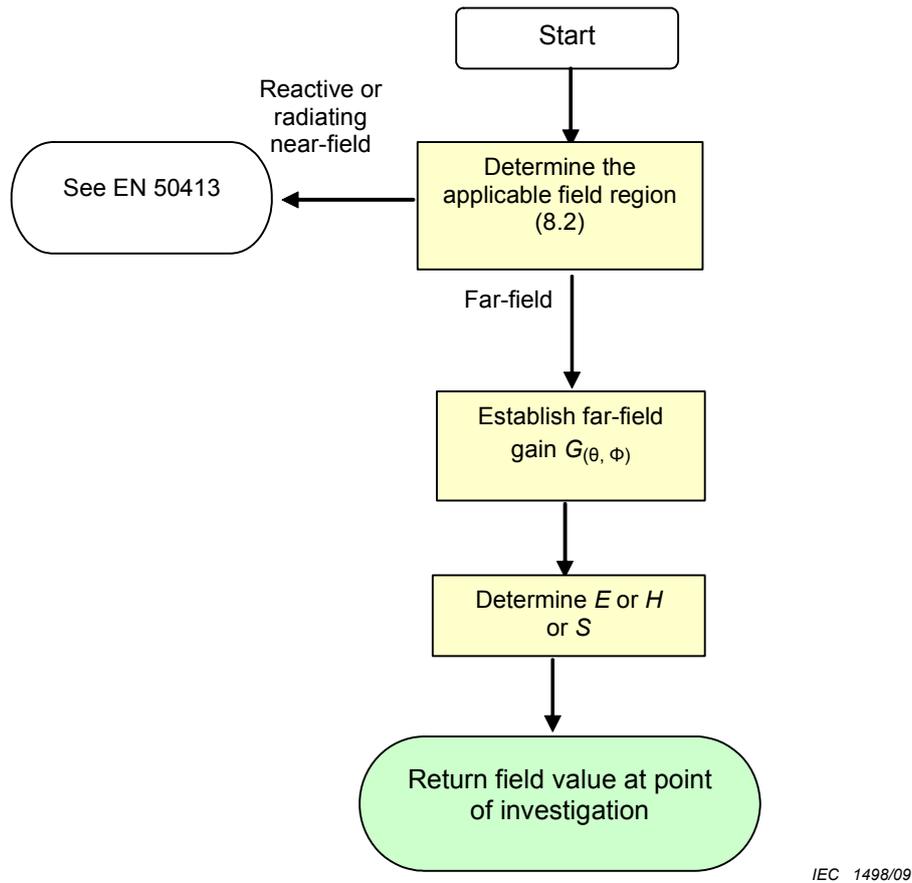
**7.2.5.2 Maximum expanded uncertainty**

After scaling post-processing, as illustrated in A.3.2, the expanded uncertainty shall not exceed 30 % of the *E*-field or *H*-field, a value that has to be considered as the *U* value of CISPR 16-4-2. This uncertainty is typically obtained in a laboratory.

**8 Electromagnetic field calculation**

**8.1 Procedures to calculate the electromagnetic field**

This clause describes the procedures to calculate, at points of investigation (PI), the electromagnetic field components and/or power density, radiated by an antenna (see Figure 1).



**Figure 1 – Alternative routes to calculate *E*-field, *H*-field values at point of investigation**

## 8.2 Field regions

### 8.2.1 General

Calculations can be made in three separate regions, based on distance from the antenna. These are called

- far-field region,
- radiating near-field region,
- reactive near-field region.

The theory that defines these regions is given in the generic and basic standard.

### 8.2.2 Far-field region

The far-field calculations are accurate when the distance  $r$  from an antenna of maximum dimension  $D$ , to a point of investigation is greater than:

$$r = \frac{2D^2}{\lambda}$$

and

$$r \gg D \text{ and } r \gg \lambda.$$

**8.2.3 Radiating near-field region**

The radiating near-field region of an antenna of length  $D$ , this region is defined by

$$\frac{\lambda}{4} < r \leq \frac{2D^2}{\lambda}$$

where

$r$  is the distance from the antenna to the point of investigation.

**8.2.4 Reactive near-field region**

The reactive near-field region of an antenna, this region is defined by

$$r \leq \frac{\lambda}{4}$$

where

$r$  is the distance from the antenna to the point of investigation.

**8.3 Calculation models**

**8.3.1 General**

Free space analysis shall be considered in calculation if the influence of the environment is shown as negligible.

More information is given in EN 50413.

**8.3.2 Far-field**

**8.3.2.1 Analytical Model**

This model is applicable in the far-field region and over-estimates in the radiating near-field region.

The power density:

$$S = \frac{PG_i(\theta, \phi)}{4\pi^2} \tag{12}$$

The electric field strength:

$$E = \frac{\sqrt{30PG_i(\theta, \phi)}}{r} \tag{13}$$

The magnetic field strength:

$$H = \frac{E}{\eta_0} \tag{14}$$

where

$P$  is the input power of the antenna;

$G_i$  is the antenna gain relative to an isotropic antenna;<sup>1)</sup>

$\theta, \phi$  are the elevation and azimuth angles (Figure A.2);

$r$  is the distance from the antenna to the point of investigation;

---

<sup>1</sup> The antenna gain  $G(\theta, \phi)$  may be determined according to J. E. Hansen "Spherical near-field antennas measurements J." Ed: London P., 1988.

$\eta_0$  is the free space wave impedance =  $120 \pi \Omega$ .

### 8.3.2.2 Other models

These models are available in the basic and generic standards.

Then the lower calculated result of cylinder/far-field models may be applied conservatively.

## 9 Contact currents measurement and calculation

Contact currents arise from a person touching a metallic object in the electromagnetic field and could create a risk of shock, or burn from light contact of the fingers with the external object.

It is impossible in a general case to calculate contact currents due the impossibility of defining a generic coupling structure. In a specific case, at a given situation, calculation could be done but it is not relevant in this basic standard.

The situation is similar for contact current measurement.

## 10 Induced current measurement and calculation

Evaluation of induced limbs currents is needed in the frequency range from 30 MHz to 110 MHz. The limb current reference levels are set to prevent excessive localized SAR induced in any limb. For compliance with the basic restriction on localised SAR, the square root of the time-averaged value of the square of the induced current over any 6-minute period forms the basis of the reference levels.

Evaluation by calculation or measurements needs to be performed to evaluate compliance distance.

Induced current calculation needs quite the same tools and methods as SAR calculation. But generally approved approach is not yet available in the frequency range from 30 MHz to 110 MHz (especially phantom).

Induced current measurement and calculation are described in EN 50413.

## Annex A (normative)

### Field measurement in a volume surrounding the EUT

#### A.1 General

Direct measurements of electric and magnetic fields are made at sufficient points of investigation in a volume surrounding the EUT to establish the compliance boundary. This method is only applicable in the far-field. In the near-field, additional post processing is needed to have a high degree of accuracy

#### A.2 Measurement equipment and test environment

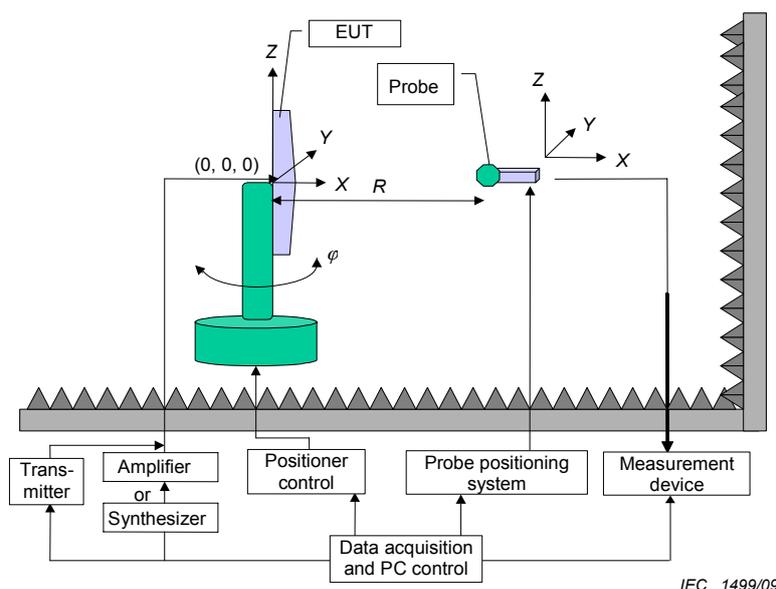
##### A.2.1 General description

The volume-scanning equipment consists of a probe and a structure to hold the EUT and the probe, allowing a 3D movement between the two, all located in a suitable test site.

The following equipment may be required:

- anechoic chamber or outdoor test site;
- electric and/or magnetic probe;
- supporting structure for probe;
- supporting structure for the EUT;
- synthesiser and amplifier(s);
- probe positioning system;
- EUT positioning system;
- receiver or other measurement device.

A computer may be used to control the measurement equipment. The test equipment shall be placed so as not to influence the measurements. A typical EUT measurement system configuration is shown in Figure A.1.



**Figure A.1 – Block diagram of the EUT measurement system**

NOTE Measurements on the test site are possible for panels and small antenna systems. For the typical broadcast antenna systems only on-site measurements are possible (see recommendations ITU-R BS.1698 and ITU-R BS.1195)

### A.2.2 Scanning equipment

The positioning system holding the EUT and the probe shall be able to scan a specified volume of the test environment.

The sampling of the specified volume is achieved through the relative displacements, translation and rotation, between the structure supporting the probe and the EUT. The measurement then may be carried out as a set of scans on cylindrical, spherical or planar surfaces.

#### Accuracy

The accuracy of the probe tip positioning over the measurement area shall be less than  $\pm 0,5$  cm.

#### Sampling resolution

The sampling resolution is the step at which the measurement system is able to perform measurements. The sampling resolution shall be  $\lambda/10$  or less.

#### Co-ordinate systems

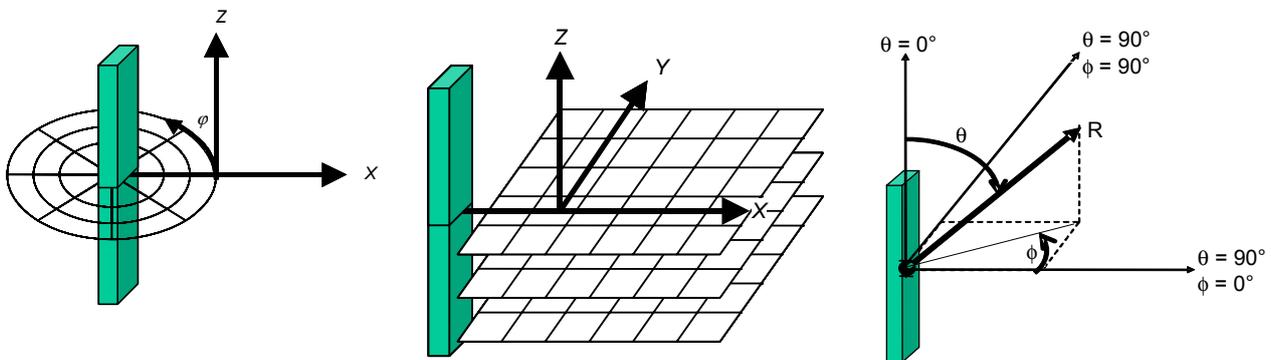
Alternative co-ordinate systems may be used (

Figure A.2).

The reference axes are defined by

- X, the distance in front of the antenna, or  $\theta=90^\circ$   $\phi=0^\circ$  in the spherical co-ordinate system,
- Y, the distance on the side of the antenna, or  $\phi$  the angle in the cylindrical co-ordinate system,
- Z, the height along the antenna axis, or  $\theta=0^\circ$  in the spherical co-ordinate system.

The origin of the co-ordinate system shall be defined, for instance by the centre of the back panel in case of panel antennas, and the centre of the antenna in case of omni-directional antennas.



IEC 1501/09

**Figure A.2 – Cylindrical, cartesian and spherical co-ordinates defined relative to the EUT**

### A.2.3 Measurement equipment

The measurement equipment shall be composed of the probe and the measurement device (e.g. voltmeter).

The measurement equipment shall have a measurement range compatible with the RF power levels used in the test and the resulting fields at the points of observation.

The linearity of  $E$ -field and  $H$ -field measurement equipment shall be within  $\pm 1$  dB of the measurement range.

#### A.2.4 Supporting structure for the EUT

The antenna shall be mounted on a dielectric holder fixed on the positioning system. The holder shall be made of low conductivity and low relative permittivity material(s):  $\tan(\delta) \leq 0,05$  and  $\epsilon_r \leq 5$ .

Alternatively the antenna may be mounted at a metallic support, if this is the normal operating situation of the antenna. If the mounting situation differs from a free-space equivalent, this shall be documented in the measurement results.

#### A.2.5 Input power specifications

The EUT shall be fed with frequencies comparable to normal configurations. A RF source, e.g. a generator or a synthesiser & amplifier, replaces the transmitter providing the input power to the EUT. Power scaling is provided by post-processing.

Enough power shall be available to generate a field level in the detection range of the measurement equipment at the greatest measurement distance.

The power chain is typically composed of a signal synthesiser with a power amplifier, a coupler connected to a power metre and a cable to the antenna.

The power chain shall be carefully evaluated in order to estimate accurately the input power fed into the antenna.

#### A.2.6 Test site

The test site shall be evaluated in order to minimise the level of perturbation due to reflections or ambient noise, which shall not exceed  $-25$  dB of the incident field at any point of observation.

Ambient temperature shall be in the range of  $10$  °C to  $30$  °C and shall not vary by more than  $\pm 5$  °C during the test.

### A.3 Post-processing

#### A.3.1 Interpolation of measurements

Evaluation of the  $E$ -field or  $H$ -field at points of investigation shall be done by direct measurement and/or by interpolation between measurement points.

#### A.3.2 Scaling measurements to a given input power

The measured  $E$ -field (respectively  $H$ -field),  $E_o$  (respectively  $H_o$ ), is obtained for a given input power  $P_o$ . As the  $E$ -field (respectively  $H$ -field) is proportional to the square root of the input power, the  $E$ -field ( $H$ -field),  $E$  (respectively  $H$ ) for another input power  $P$  is given by:

$$E = \sqrt{\frac{P}{P_o}} E_o \quad (\text{A.1})$$

$$H = \sqrt{\frac{P}{P_o}} H_o \quad (\text{A.2})$$

## Annex B (informative)

### Compliance boundary examples

For each band a typical antenna like a dipole is taken. This dipole is tuned at the centre frequency of the band, so that its dimension is  $\lambda/2$ .

Consequently, the compliance distance is calculated with the general expression valid in far-field condition:

$$E(V/m) = \frac{\sqrt{30 \cdot P(W) \cdot G_i}}{D(m)} \quad (\text{B.1})$$

which becomes approximately the well-known relation for a dipole:

$$E(V/m) = \frac{7\sqrt{P(W)}}{D(m)} \quad (G_i = 1,64 G_D) \quad (\text{B.2})$$

So, for a given reference level we can define a distance  $D$  from the dipole so that the  $E$ -field strength at this distance equals the  $E$ -field reference level:

$$D(m) = \frac{\sqrt{30 \cdot P(W) \cdot G_i}}{E(V/m)} \quad (\text{B.3})$$

in a general case.

Results are carried out for each frequency in the table for a power  $P$  of 100 W and a reference level given by the appropriate recommendation (see Table B.1).

#### **Far-field condition**

This distance is calculated to verify the possibility of using the  $E$ -field expression only valid in far-field. In this column of the table, it is assumed that far-field conditions are reached if the expression below is respected

$$S_{\min} = \max \left\{ \frac{2S^2}{\lambda}, S, \lambda \right\}$$

where

$S$  is the size (dimension) of the antenna.

In case of a dipole,  $S$  is equal to  $\lambda/2$ . For a horn antenna,  $S$  is normally the diagonal dimension of the aperture.

If the compliance distance is below the far-field distance, it can be assumed that the calculated electric field strength is overestimated.

**Table B.1 – Compliance boundary examples**

<b>Antenna</b>	<b>Frequency</b> MHz	<b>E reference level</b> V/m	<b>Linear isotropic gain</b> dBi	<b>Compliance distance</b> m
Dipole	57	28,0	1,64	2,5
Dipole	98	28,0	1,64	2,5
Dipole	202	28,0	1,64	2,5
Dipole	560	32,5	1,64	2,2
Dipole	706	36,5	1,64	1,9
Horn	1 460	52,5	4,00	2,1
Horn	20 000	61,0	100,00	9,0

Transmitted power (W)	100
-----------------------	-----

For power interpolation, the correction factor of  $\sqrt{(\text{power [watt]}/100)}$  has to be applied to the compliance distance.

## Bibliography

IEC 60050-121, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

ITU-R BS.1195:1995, *Transmitting Antenna Characteristics at VHF and UHF*

ITU-R BS.1698:2005 *Evaluating fields from terrestrial broadcasting transmitting systems operating in any frequency band for assessing exposure to non-ionizing radiation*

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	27
1 Domaine d'application et objet.....	29
2 Références normatives.....	29
3 Termes et définitions.....	29
4 Grandeurs physiques, unités et constantes.....	33
4.1 Grandeurs.....	33
4.2 Constantes.....	34
5 Applicabilité des méthodes d'évaluation de la conformité.....	34
5.1 Vue d'ensemble.....	34
5.2 Procédure d'évaluation.....	34
5.3 Antennes représentatives pour chaque service.....	35
6 Calculs et mesures <i>DAS</i> .....	36
6.1 Conformité inhérente du <i>DAS</i> pour l'ensemble du corps.....	36
6.2 Conformité du <i>DAS</i> .....	36
7 Mesure du champ électromagnétique.....	37
7.1 Mesures.....	37
7.2 Incertitudes des mesures.....	37
8 Calcul du champ électromagnétique.....	40
8.1 Procédures pour le calcul du champ électromagnétique.....	40
8.2 Régions de champ.....	41
8.3 Modèles de calcul.....	42
9 Calculs et mesures des courants de contact.....	43
10 Calculs et mesures des courants induits.....	43
Annexe A (normative) Mesures du champ dans un volume autour de l'EUT.....	44
Annexe B (informative) Exemples de limites de conformité.....	48
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Procédures alternatives pour calculer les valeurs de champ E, H au point d'investigation.....	41
Figure A.1 – Schéma du système de mesures EUT.....	44
Figure A.2 – Coordonnées cylindriques, cartésiennes et sphériques définies par rapport à l'EUT.....	45
Tableau 1 – Méthodes applicables pour chaque région d'antenne.....	35
Tableau 2 – Antennes représentatives.....	36
Tableau 3 – Paramètres recommandés.....	37
Tableau 4 – Évaluation de l'incertitude.....	40
Tableau B.1 – Exemples de limites de conformité.....	49

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES PERSONNES AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PROVENANT DES ÉMETTEURS DE RADIODIFFUSION ISOLÉS (30 MHz – 40 GHz)

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62577 a été préparée par le comité d'études 106 de la CEI: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine, et le comité d'études de CENELEC 106X : Champs électromagnétiques dans l'environnement humain.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
106/176/FDIS	106/179/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.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

# ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES PERSONNES AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PROVENANT DES ÉMETTEURS DE RADIODIFFUSION ISOLÉS (30 MHz – 40 GHz)

## 1 Domaine d'application et objet

Cette Norme internationale s'applique à un émetteur de radiodiffusion isolé fonctionnant dans la gamme de fréquence de 30 MHz à 40 GHz lors de la mise en marché (voir Note 1).

Le but de cette norme est de spécifier, pour de tels équipements fonctionnant dans des conditions typiques, la méthode d'évaluation des distances de conformité relatives aux restrictions de bases (directement ou indirectement via la conformité aux niveaux de référence) liées à l'exposition du corps humain aux champs électromagnétiques de fréquences radio.

NOTE 1 Cette norme s'applique seulement aux émetteurs de radiodiffusion lors de la mise en marché (approbation de type) et ne s'applique pas aux émetteurs de radiodiffusion lors de la mise en service.

NOTE 2 La certification de conformité dépend de la politique des organismes de réglementation nationaux.

## 2 Références normatives

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

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

EN 50413, *Norme de base pour les procédures de mesures et de calculs pour l'exposition des personnes aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### **antenne**

dispositif qui sert de transducteur entre une onde guidée (ex. câble coaxial) et une onde en l'espace libre, ou vice versa

### 3.2

#### **restriction de base**

restrictions sur l'exposition aux champs électromagnétiques, magnétiques et électriques à variations temporelles basées directement sur des effets sanitaires établis

### 3.3

#### **radiodiffusion**

service de radiocommunication dont les émissions sont destinées à être reçues directement par le public en général. Ces émissions peuvent comporter des programmes sonores, des programmes de télévision ou d'autres genres d'informations

### 3.4

#### **distance de conformité**

distance minimum entre l'antenne et un point d'investigation considéré conforme. L'ensemble des distances de conformité par conséquent définit la limite en dehors de laquelle les niveaux d'exposition ne dépassent pas les restrictions de bases sans considération du temps d'exposition. Les distances sont mesurées par rapport au point le plus proche de l'antenne dans chaque direction d'investigation

### 3.5 conductivité

$\sigma$

rapport entre la densité du courant de conduction dans un milieu et le champ électrique. La conductivité s'exprime en siemens par mètre (S/m)

### 3.6

#### **courant de contact**

courant produit dans le corps humain par contact avec des objets métalliques dans le champ. Des chocs et des brûlures peuvent être les effets indirects négatifs. Le courant de contact est lié à un effet instantané et ne peut donc être donné en moyenne de temps

### 3.7

#### **champ électrique**

$E$

amplitude d'un champ vectoriel à un point qui représente la force ( $F$ ) sur une petite charge positive ( $q$ ) divisée par la charge

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

Le champ électrique est exprimé en volt par mètre (V/m).

### 3.8

#### **densité du flux électrique**

$D$

amplitude d'un champ vectoriel qui est égal au champ électrique ( $E$ ) multiplié par la permittivité ( $\epsilon$ )

$$D = \epsilon E \quad (2)$$

La densité du flux électrique est exprimée en coulomb par mètre carré (C/m<sup>2</sup>).

NOTE Voir aussi la VEI 121-11-40.

### 3.9

#### **matériel soumis à l'essai**

**EUT**

dispositif (tel qu'émetteur ou antenne selon le cas) qui est soumis aux essais spécifiques étant décrits

### 3.10

#### **courant induit**

courant circulant dans le corps humain résultant directement d'une exposition à un champ électromagnétique

**3.11****impédance intrinsèque (d'espace libre  $Z_0$ )** $Z_0$ 

rapport entre le champ électrique et le champ magnétique d'une onde de propagation électromagnétique. L'impédance intrinsèque d'une onde plane dans un espace libre est  $120 \pi$  (approximativement  $377 \Omega$ )

**3.12****antenne isotrope**

antenne hypothétique sans pertes, dont l'intensité de rayonnement est la même dans toutes les directions, qui est employée comme antenne de référence pour exprimer les propriétés de directivité des antennes réelles

NOTE Les écarts d'isotropie doivent être considérés pour toutes les valeurs mesurées d'EMF par rapport aux différents angles d'incidence et polarisations du champ mesuré. Dans ce document, l'isotropie est définie pour des incidences couvrant un hémisphère centré à l'extrémité de la sonde, avec un plan équatorial normal jusqu'à la sonde et allant au-delà de celle-ci. L'isotropie axiale est définie par l'écart maximum de la grandeur mesurée quand la sonde tourne sur son axe principal et est exposée à une onde de référence d'incidence normale concernant l'axe de la sonde. L'isotropie hémisphérique est définie par l'écart maximum de la grandeur mesurée quand la sonde tourne sur son axe principal et est exposée à une onde de référence avec des angles d'incidence différents concernant l'axe de la sonde dans la moitié d'espace en face de la sonde.

**3.13****linéarité**

quand toutes les relations entre une grandeur de référence et les écarts de cette grandeur restent le long d'une ligne droite (par exemple d'une antenne ou de tout dispositif technique). L'écart maximum sur la gamme des mesures des grandeurs mesurées de la plus proche courbe de référence linéaire définie sur un intervalle donné doit être pris en compte dans les procédures de mesure

**3.14****champ magnétique** $H$ 

amplitude d'un champ vectoriel en un point qui résulte d'une force ( $F$ ) sur une charge  $q$  allant à la vitesse  $v$

$$F = q(v \times \mu H) \quad (3)$$

Le champ électrique est exprimé en ampère par mètre (A/m).

**3.15****densité de flux magnétique** $B$ 

amplitude d'un champ vectoriel égal au champ magnétique  $H$  multiplié par la perméabilité ( $\mu$ ) du milieu

$$B = \mu H \quad (4)$$

La densité du flux magnétique est exprimée en tesla (T).

**3.16****modulation**

procédé, ou résultat de procédé, où certaines caractéristiques de l'onde (amplitude, fréquence ou phase) varient suivant une autre onde ou un autre signal. Ceci doit être pris en considération au moment des mesures et des calculs pour déterminer si les limites sont dépassées ou non

**3.17**  
**perméabilité**

$\mu$

perméabilité magnétique d'un matériau définie par la densité de flux magnétique  $B$  divisée par le champ magnétique  $H$ :

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (5)$$

où  $\mu$  est la perméabilité du milieu exprimée en henry par mètre (H/m).

**3.18**  
**permittivité**

$\varepsilon$

propriété d'un matériau diélectrique (ex. tissu biologique) définie par la densité du flux électrique  $D$  divisée par le champ électrique  $E$

$$\varepsilon = \frac{D}{E} \quad (6)$$

La permittivité s'exprime en farad par mètre (F/m).

**3.19**  
**point d'investigation**

**PI**

position dans l'espace à laquelle la valeur du champ- $E$ , champ- $H$ , densité du flux de puissance ou  $DAS$  est évaluée. Cette position est définie en coordonnées sphériques ou cylindriques cartésiennes relatives au point de référence sur l'EUT

**3.20**  
**densité de puissance**

**S**

puissance rayonnante incidente perpendiculaire à une surface, divisée par la superficie de la surface. La densité de puissance s'exprime en watt par mètre carré (W/m<sup>2</sup>)

**3.21**  
**niveaux de référence**

les niveaux de référence de l'exposition sont fournis pour comparaison avec des valeurs mesurées de grandeurs physiques

NOTE 1 La conformité avec tous les niveaux de référence donnés dans ce guide assure la conformité avec les restrictions de base. Si les valeurs mesurées sont plus élevées que les niveaux de référence, ce n'est pas nécessairement suite au dépassement des restrictions de base, mais une analyse plus détaillée est nécessaire pour évaluer la conformité aux restrictions de base.

NOTE 2 Dans la gamme de fréquence de 30 MHz à 40 GHz les niveaux de référence sont exprimés comme les champs électriques, les champs magnétiques, les valeurs de densité de puissance et les courants de contact.

**3.22**  
**permittivité relative**

$\varepsilon_r$

rapport de la permittivité d'un matériau diélectrique à la permittivité d'un espace libre:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (7)$$

**3.23****valeur efficace  
eff**

obtenue en prenant la racine carrée de la moyenne du carré de la valeur de la fonction périodique prise durant une période. Voir aussi VEI 101-14-15.

**3.24****débit d'absorption spécifique****DAS**

dérivée temporelle de l'énergie incrémentale ( $dW$ ) absorbée par (dissipée dans) une masse incrémentale ( $dm$ ) contenue dans un volume ( $dV$ ) de densité massique donnée ( $\rho$ )

$$DAS = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (8)$$

Le *DAS* est exprimé en watt par kilogramme (W/kg).

NOTE Le *DAS* peut se calculer de la façon suivante:

$$DAS = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (9)$$

où

$E_i$  valeur efficace de l'amplitude du champ électrique dans les tissus en V/m;

$\sigma$  conductivité des tissus du corps humain en S/m;

$\rho$  densité des tissus du corps humain en kg/m<sup>3</sup>.

**3.25****émetteur**

dispositif générant des puissances de fréquence radio dans le but de la communication mais qui, seul, n'est pas destiné à rayonner

**4 Grandeurs physiques, unités et constantes****4.1 Grandeurs**

Les unités SI internationalement reconnues sont utilisées dans toute cette norme.

<u>Quantité</u>	<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Dimensions</u>
Densité du courant	$J$	ampère par mètre carré	A/m <sup>2</sup>
Champ électrique	$E$	volt par mètre	V/m
Densité du flux électrique	$D$	coulomb par mètre carré	C/m <sup>2</sup>
Conductivité électrique	$\sigma$	siemens par mètre	S/m
Fréquence	$f$	hertz	Hz
Champ magnétique	$H$	ampère par mètre	A/m
Densité du flux magnétique	$B$	tesla (Vs/m <sup>2</sup> )	T
Densité de masse	$\rho$	kilo par mètre cube	kg/m <sup>3</sup>
Perméabilité	$\mu$	henry par mètre	H/m

<u>Quantité</u>	<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Dimensions</u>
Permittivité	$\epsilon$	farad par mètre	F/m
Débit d'absorption spécifique	$DAS$	watt par kilogramme	W/kg
Longueur d'onde	$\lambda$	mètre	m
Température	$T$	kelvin	K

## 4.2 Constantes

<u>Constante physique</u>		<u>Amplitude</u>
Vitesse de la lumière dans le vide	$c$	$2,997 \times 10^8$ m/s
Permittivité de l'espace libre	$\epsilon_0$	$8,854 \times 10^{-12}$ F/m
Perméabilité de l'espace libre	$\mu_0$	$4 \pi \times 10^{-7}$ H/m
Impédance de l'espace libre	$\gamma_0$	$120 \pi$ (approx. 377) $\Omega$

## 5 Applicabilité des méthodes d'évaluation de la conformité

### 5.1 Vue d'ensemble

Les lignes directrices et les limites recommandées sur l'exposition humaine aux ondes radio donnent des restrictions de base en termes de  $DAS$  ou de densité de flux de puissance et aussi des niveaux de référence en termes de courant de contact et des champs ou de densité de puissance.

Les limites de conformité définissent le volume en dehors duquel les niveaux d'exposition n'excèdent pas les restrictions de base quelque soit le temps d'exposition pour les conditions d'opération spécifiques de l'EUT. Les limites de conformité sont déterminées à l'aide d'une procédure où suffisamment de points d'investigation sont évalués.

Il est techniquement possible de déterminer la distance de conformité par des mesures ou des calculs de  $DAS$  ou des champs électromagnétiques liés aux restrictions de base ou aux niveaux de référence, étant donné que la conformité aux niveaux de référence garantit la conformité aux restrictions de base.

Il convient de noter que les restrictions de base localisées de même que celles sur l'ensemble du corps doivent être prises en considération, lorsque l'évaluation est faite par  $DAS$ . Pour évaluer le  $DAS$  sur le corps entier, une moyenne spatiale peut être faite avec des évaluations de champs.

### 5.2 Procédure d'évaluation

#### 5.2.1 Méthodes

Cette norme décrit les méthodes de mesures et de calculs qui peuvent être utilisées pour établir les distances de conformité (voir Tableau 1).

**Tableau 1 – Méthodes applicables pour chaque région d'antenne**

Méthodes applicables pour chaque région d'antenne <sup>a à c</sup>			
	Champ réactif proche	Champ rayonnant proche	Champ éloigné
Evaluation des restrictions de base	DAS ou évaluation de la densité de puissance (calcul ou mesure) – Article 6 <sup>b</sup>		
Calcul du niveau de référence	Calcul des champs <i>E</i> et <i>H</i> Article 8	Calcul des champs <i>E</i> ou <i>H</i> Article 7 <sup>c</sup>	Calcul des champs <i>E</i> ou <i>H</i> – Article 8
	Calcul des courants induits Article 10		Calcul des courants induits – Article 10
Mesures du niveau de référence	Mesures des champs <i>E</i> et <i>H</i> Article 7 <sup>c</sup> Calcul des courants induits – Article 10	Mesures des champs <i>E</i> ou <i>H</i> Article 7 <sup>c</sup> Calcul des courants induits – Article 10	Mesures des champs <i>E</i> ou <i>H</i> Article 7 <sup>c</sup> Mesures des courants induits Article 10
<p><sup>a</sup> La conformité avec le niveau de référence assure la conformité avec la restriction de base applicable. Si la valeur mesurée ou calculée dépasse le niveau de référence, les restrictions de base ne seront pas nécessairement dépassées. Cependant, dès qu'un niveau de référence est dépassé, il est nécessaire de vérifier la conformité avec les restrictions de base adéquates et de déterminer si des mesures de protection supplémentaires sont nécessaires.</p> <p><sup>b</sup> Le calcul <i>DAS</i> est la référence étant donné qu'il prend en compte la structure fine de la tête/du corps.</p> <p><sup>c</sup> Du fait des sondes existant sur le marché, au dessus de 2,5 GHz, seulement le champs-<i>E</i> est mesuré et des calculs sur le niveau <i>H</i> doivent être faits.</p>			

### 5.2.2 Distances de conformité

Les distances sont mesurées par rapport au point le plus proche de l'antenne dans chaque direction d'investigation. Les limites des distances de conformité peuvent avoir une forme complexe. Ceci peut être simplifié par une limite simple (ex. sphère ou cylindre) du moment que tous les points d'investigation au-delà de la distance de conformité respectent les limites. De plus, la forme des limites de conformité doit être décrite précisément dans le rapport d'évaluation. L'Article 7 donne des informations sur la mesure d'un champ électromagnétique.

L'évaluation des restrictions de base et l'évaluation des champs en accord avec les niveaux de référence peuvent donner directement les distances de conformité.

Dans le cas de mesures de champs, la limite de conformité peut être déduite par mise à l'échelle avec la distance de mesure, les puissances d'entrée pertinentes, les fréquences pertinentes, les bandes et les modes, à condition que la limite de conformité résultante soit entièrement à l'extérieur du champ réactif proche de l'antenne. L'Article 8 donne des informations sur les calculs des niveaux de champ.

### 5.3 Antennes représentatives pour chaque service

Pour chaque bande, les antennes représentatives sont définies dans le Tableau 2 pour des bandes de radiodiffusion. Dans cet exemple, il y a des bandes qui ont été définis par la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT).

**Tableau 2 – Antennes représentatives**

Services et bandes de fréquence	Antennes représentatives (en conditions d'espace libre)
Bande I VHF (47 MHz – 68 MHz) principalement services de radiodiffusion TV	Dipôle $\lambda/2$ accordé à 57 MHz
Bande II VHF (88 MHz - 108 MHz) principalement services de radiodiffusion sonore MF	Dipôle $\lambda/2$ accordé à 98 MHz
Bande III VHF (174 MHz – 230 MHz)	Dipôle $\lambda/2$ accordé à 202 MHz
Bande IV UHF (470 MHz - 650 MHz) principalement services de radiodiffusion TV	Dipôle $\lambda/2$ accordé à 560 MHz
Bande V UHF (650 MHz - 862 MHz) principalement services de radiodiffusion TV	Dipôle $\lambda/2$ accordé à 706 MHz
Bande L SHF (1 452 MHz – 1 467,5 MHz)	Antenne cornet centrée à 1 460 MHz, avec un gain de 6 dBi
Toutes autres bandes de radiodiffusion au dessus de 2 GHz et jusqu'à 40 GHz	Antenne cornet centrée au milieu de la bande avec un gain de 20 dBi

Avec cette liste d'antennes représentatives, il est possible de qualifier tous les émetteurs de radiodiffusion avec trois caractéristiques, puissance, fréquence et modulation, et de fixer les limites de conformité.

Des exemples de limites de conformité pour des antennes représentatives sont détaillés en Annexe B.

## 6 Calculs et mesures DAS

### 6.1 Conformité inhérente du DAS pour l'ensemble du corps

Si la puissance efficace maximale rayonnée par une antenne d'émission est inférieure aux valeurs spécifiées dans l'équation suivante (10), l'exposition maximale ne dépassera pas les limites de conformité du DAS moyenné sur l'ensemble du corps dans n'importe quelles conditions et ainsi les mesures de DAS sur l'ensemble du corps ne sont pas nécessaires.

$$P_{\max} [W] = DAS_{WB} [W/kg] \times 12,5 [kg] \tag{10}$$

Où

$P_{\max}$  est la puissance efficace maximum

$DAS_{WB}$  la limite du DAS pour l'ensemble du corps

Les niveaux de puissance d'exclusion du DAS pour le corps entier sont issus des hypothèses suivantes:

- a) toute la puissance émise par l'antenne est absorbée par le corps (hypothèse de pire cas);
- b) la masse corporelle pour un enfant de 4 ans est de 12,5 kg. Ceci est le 3<sup>e</sup> percentile du poids corporel donné pour les filles et les femmes.

### 6.2 Conformité du DAS

Les mesures et calculs du DAS sur l'ensemble ou sur des parties du corps sont décrites dans la EN 50413.

## 7 Mesure du champ électromagnétique

### 7.1 Mesures

Les méthodes utilisées consistent à mesurer directement ou indirectement le champ- $E$  ou champ- $H$ , et déduire la distribution du champ pour une fréquence et puissance d'entrée données.

Selon l'application, les mesures du champ ( $E$  et  $H$  et donc la densité de puissance) peuvent être obtenues aux points d'investigation, soit le long d'une ligne, soit sur la surface, ou le balayage du volume.

Le Tableau 3 décrit les résolutions recommandées pour les largeurs de bandes (RBW pour recommended bandwidths resolution) et les largeurs de bandes vidéo (VBW pour video bandwidths) pour différents types de services radio afin de prendre en compte leur modulation, mais d'autres paramètres peuvent être utilisés si cela est justifié.

**Tableau 3 – Paramètres recommandés**

Type de service	RBW kHz	VBW kHz
FM	300	30
TV video	1 000	300
TV audio	300	30
TV numérique (DVB)	8 000	300
TV numérique (ISDB-T)	6 000	300 <sup>a</sup>
Radio numérique (DAB)	2 000	100
Radio numérique (ISDB-Tsb)	$428,5 \times N^b$	100 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> Exemple		
<sup>b</sup> $N$ est le nombre total de segments		

L'Annexe A décrit une méthode de mesure possible: la mesure dans un volume entourant l'EUT. D'autres méthodes peuvent être utilisées avec les justifications appropriées.

### 7.2 Incertitudes des mesures

#### 7.2.1 Expression de l'incertitude de mesure

L'évaluation de l'incertitude dans les mesures des valeurs des champs électromagnétiques doit se baser sur les règles générales fournies par l'*ISO/IEC Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*. On devra se servir d'une évaluation de type A et de type B de l'incertitude normale.

Quand on réalise une analyse de type A, l'incertitude normale ( $u_j$ ) doit être issue des estimations des observations statistiques. Quand une analyse de type B est réalisée,  $u_j$  vient de la limite supérieure ( $a_+$ ) et de la limite inférieure ( $a_-$ ) de la quantité en question, suivant la loi de distribution définissant

$$a = (a_+ - a_-)/2$$

alors:

– loi rectangulaire:  $u_j = a/\sqrt{3}$

- loi triangulaire:  $u_i = \frac{a}{\sqrt{6}}$
- loi normale:  $u_i = \frac{a}{k}$  où  $k$  est le facteur de couverture
- En forme de U (asymétrique)  $u_i = \frac{a}{\sqrt{2}}$

## 7.2.2 Contribution de l'équipement de mesures

### a) Etalonnage de l'équipement de mesures

L'incertitude dans la sensibilité doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité normale.

### b) Isotropie de sonde

L'incertitude due à l'isotropie doit être évaluée avec une distribution de probabilité rectangulaire.

### c) Linéarité de sonde

Une correction doit être apportée pour établir la linéarité. L'incertitude est considérée après cette correction. L'incertitude due à la linéarité doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité rectangulaire.

### d) Valeurs du champ- $E$ ou champ- $H$ hors de l'échelle des mesures

Des erreurs peuvent être introduites si les mesures locales sont en dehors de l'échelle des mesures du dispositif de mesures. Si un niveau de champ- $E$  ou champ- $H$  est en dessous de la limite de détection la plus basse, la valeur de la limite de détection du dispositif de mesures doit être utilisée. Si le niveau du champ- $E$  ou champ- $H$  est au-dessus de la limite du dispositif de mesures la plus haute, les mesures ne sont pas valables. L'incertitude due aux limites de détection doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité rectangulaire.

### e) Dispositif de mesures

La contribution de l'incertitude du dispositif de mesures doit être évaluée en référence à ses certificats d'étalonnage. L'incertitude due au dispositif de mesures doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité normale.

### f) Bruits électriques

C'est le signal détecté par le système de mesures même si l'EUT n'est pas en train d'émettre. Les sources de ces signaux incluent le bruit RF (systèmes d'éclairage, système de balayage, mise à la terre des alimentations de puissance du laboratoire, etc.), les effets électrostatiques (mouvement de la sonde, personne marchant, etc.) et d'autres effets (détecteurs de lumière, de température, etc). Le niveau de bruit électrique doit être déterminé par trois balayages grossiers différents avec la source RF éteinte ou par une charge absorbante connectée à la sortie de l'émetteur. Aucun des points évalués ne doit excéder  $-25$  dB du champ incident le plus bas mesuré. Cette contrainte établie, l'incertitude due au bruit peut être négligée.

g) Contribution de la chaîne de puissance

Les désadaptations dans la chaîne de puissance mènent à une incertitude dans l'évaluation de la puissance émise et celle mesurée par le wattmètre.

h) Contribution des contraintes mécaniques

Les contraintes mécaniques du système de positionnement introduisent une incertitude sur les mesures des champs électromagnétiques à travers la précision et la répétabilité du positionnement. Ces paramètres doivent être évalués en référence aux spécifications du système de positionnement. L'incertitude dans la distance entre le point de mesures et l'EUT doit être ajoutée directement à la distance de conformité et ne doit pas intervenir dans les calculs de l'incertitude.

i) Adaptation entre l'EUT et la sonde

Avant chaque balayage, l'alignement entre la position de la sonde et l'EUT doit être vérifiée en utilisant trois points de référence.

### 7.2.3 Contribution des paramètres physiques

a) Dérive dans l'alimentation de l'EUT, la sonde, la température et l'humidité

La dérive due à l'électronique de l'EUT et de l'équipement de mesures, de même que la température et l'humidité, sont contrôlées lors de la première et de la dernière étape du processus de mesure défini dans la procédure de mesures et l'erreur résultant doit être inférieure à  $\pm 5\%$ . L'incertitude doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité rectangulaire.

b) Perturbation par l'environnement

Divers facteurs contribuent à la perturbation de l'environnement:

- réflexion d'onde dans le laboratoire;
- influence de l'EUT et du positionneur de sonde isotrope;
- influence des câbles et de l'équipement;
- niveau général des champs électromagnétiques.

### 7.2.4 Contribution du post-traitement

L'erreur introduite par les algorithmes d'extrapolation et d'interpolation doit être évaluée en supposant une distribution de probabilité normale.

### 7.2.5 Évaluation de l'incertitude

#### 7.2.5.1 Incertitudes étendues et combinées

Les contributions de chaque composant d'incertitude doivent être enregistrées avec leur nom, distribution de probabilité, coefficient de sensibilité et valeur d'incertitude. Les résultats doivent être enregistrés dans un tableau sous la forme suivante. L'incertitude combinée doit alors être évaluée suivant la formule ci-après:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2} \tag{11}$$

où

$c_i$  est le coefficient de pondération (coefficient de sensibilité).

L'incertitude étendue doit être évaluée en utilisant un intervalle de confiance de 95 %.

**Tableau 4 – Évaluation de l'incertitude**

Sources d'incertitude	Description (paragraphe)	Valeur d'incertitude pour E et H %	Distribution de probabilité	Diviseur	$c_i$	Incertitude normale %
<b>Équipement de mesures</b>	7.2.2					
Étalonnage			Normale	1 ou k	1	
Isotropie			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Linéarité			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Champs hors échelle de mesures			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Dispositif de mesures			Normale	1 ou K	1	
Bruit			Normale	1	1	
Chaîne de puissance			Normale	1	1	
<b>Contraintes mécaniques</b>						
Système de positionnement			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Ecart entre la sonde et l'EUT			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
<b>Paramètres physiques</b>	7.2.3					
Dérive dans la puissance de sortie de l'EUT, sonde, température et humidité			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Perturbation par l'environnement			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
<b>Incertitude normale combinée (11)</b>			$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
<b>Incertitude étendue</b> (intervalle de confiance de 95 %)			Normale	$u_e = 1,96 u_c$		

**7.2.5.2 Incertitude étendue maximale**

Après échelonnement du post-traitement, tel qu'illustré en A.3.2, l'incertitude étendue ne doit pas dépasser 30 % des champs-E ou -H, valeur qui doit être considérée comme la valeur U de la CISPR 16-4-2. Cette incertitude est typiquement obtenue en laboratoire.

**8 Calcul du champ électromagnétique**

**8.1 Procédures pour le calcul du champ électromagnétique**

Cet article décrit les procédures pour calculer, aux points d'investigation (PI), les composants de champ électromagnétique et/ou densité de puissance, rayonnés par une antenne (voir Figure 1).

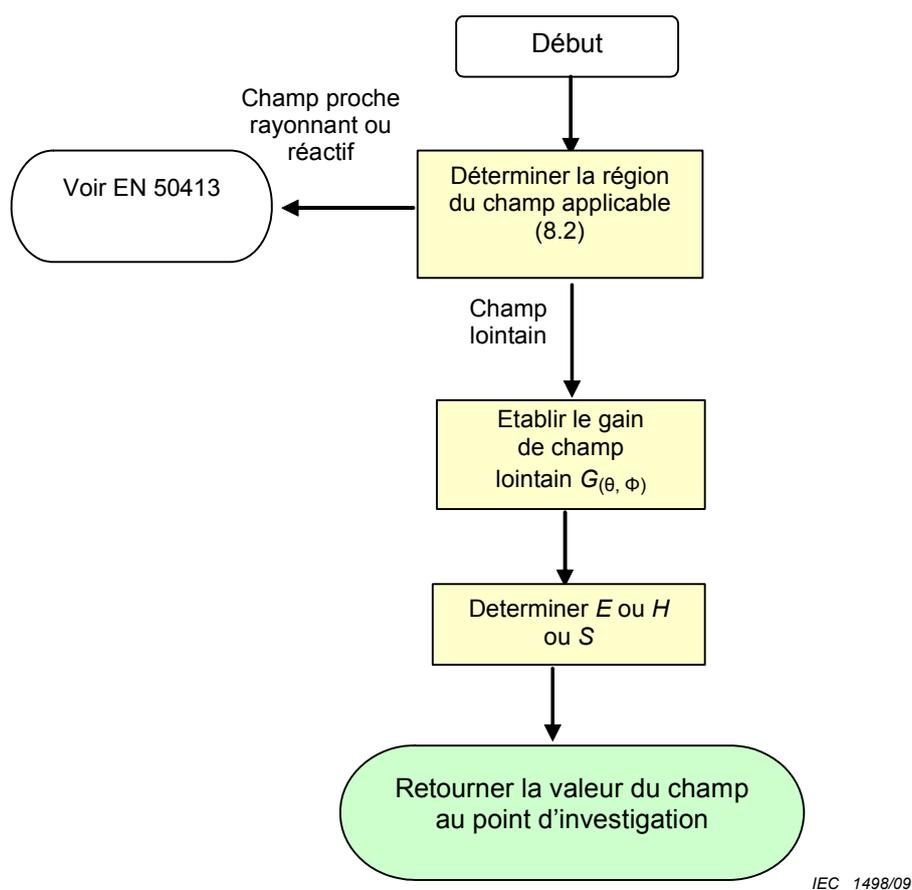


Figure 1 – Procédures alternatives pour calculer les valeurs de champ  $E$ ,  $H$  au point d'investigation

## 8.2 Régions de champ

### 8.2.1 Généralités

Les calculs peuvent se faire dans trois régions séparées, basés sur la distance de l'antenne. Elles sont appelées

- région de champ lointain,
- région de champ proche rayonnant,
- région de champ proche réactif.

La théorie qui définit ces régions est donnée dans une norme générique et basique.

### 8.2.2 Région de champ lointain

Les calculs de champ lointain sont précis quand la distance  $r$  d'une antenne de dimension  $D$  maximum, à un point d'investigation est plus grande que:

$$r = \frac{2D^2}{\lambda}$$

et

$$r \gg D \text{ et } r \gg \lambda.$$

### 8.2.3 Région de champ proche rayonnant

La région de champ proche rayonnant d'une antenne de longueur  $D$  est définie par

$$\frac{\lambda}{4} < r \leq \frac{2D^2}{\lambda}$$

où

$r$  est la distance de l'antenne au point d'investigation.

### 8.2.4 Région de champ proche réactif

La région de champ proche réactif d'une antenne est définie par

$$r \leq \frac{\lambda}{4}$$

où

$r$  est la distance de l'antenne au point d'investigation.

## 8.3 Modèles de calcul

### 8.3.1 Généralités

Les analyses d'espace libre doivent être considérées dans les calculs si l'influence de l'environnement est négligeable.

Des informations supplémentaires sont disponibles dans la EN 50413.

### 8.3.2 Champ lointain

#### 8.3.2.1 Modèle analytique

Ce modèle est applicable dans la région de champ lointain et donne une surestimation dans la région de champ proche rayonnant.

La densité de puissance:

$$S = \frac{PGi_{(\theta,\phi)}}{4\pi r^2} \quad (12)$$

Le champ électrique:

$$E = \frac{\sqrt{30PGi_{(\theta,\phi)}}}{r} \quad (13)$$

Le champ magnétique:

$$H = \frac{E}{\eta_0} \quad (14)$$

où

$P$  = puissance d'entrée de l'antenne,

$Gi$  = gain d'antenne relatif à une antenne isotrope,<sup>1)</sup>

$\theta, \phi$  = angles d'élévation et d'azimut (Figure A.2),

$r$  = distance de l'antenne au point d'investigation,

$\eta_0$  = impédance d'onde d'espace libre =  $120 \pi \Omega$ .

<sup>1</sup> Le gain d'antenne  $G_{(\theta,\phi)}$  peut être déterminé d'après J. E. Hansen "Mesures des antennes de champ proche sphériques" J. Ed: London P., 1988.

### 8.3.2.2 Autres modèles

Ces modèles sont disponibles dans les normes basiques et génériques.

Le résultat calculé le plus bas des modèles de cylindre/champ lointain peut alors être appliqué de manière conventionnelle.

## 9 Calculs et mesures des courants de contact

Les courants de contact proviennent d'une personne touchant un objet métallique dans un champ électromagnétique et sont susceptibles de provoquer un choc, ou une brûlure d'un léger contact des doigts avec l'objet externe.

Il est impossible en général de calculer les courants de contact du fait de l'impossibilité à définir une structure de couplage générique. Dans un cas spécifique, pour une situation donnée, le calcul pourrait être fait mais il n'est pas applicable dans cette norme de base.

La situation est similaire pour les mesures de courant de contact.

## 10 Calculs et mesures des courants induits

L'évaluation des courants induits dans les membres est nécessaire dans la gamme de fréquence de 30 MHz à 110 MHz. Le niveau de référence du courant dans un membre est établi pour éviter un *DAS* localisé excessif induit dans tout membre. Pour une conformité avec les restrictions de base sur le *DAS* localisé, la racine carrée de la valeur moyenne temporelle du carré du courant induit sur toute période de 6 min constitue la base des niveaux de référence.

L'évaluation par calculs ou mesures doit être effectuée pour évaluer la distance de conformité.

Les calculs de courant induit nécessitent quasiment les mêmes outils et méthodes que les calculs de *DAS*. Mais généralement l'approche reconnue n'est pas encore disponible dans la gamme de fréquence de 30 MHz à 110 MHz (surtout le fantôme).

Les mesures et calculs de courant induit sont décrits dans la norme EN 50413.

## Annexe A (normative)

### Mesures du champ dans un volume autour de l'EUT

#### A.1 Généralité

Les mesures directes des champs électriques et magnétiques sont faites en suffisamment de points d'investigation dans un volume autour de l'EUT pour établir les limites de conformité. Cette méthode s'applique uniquement aux champs lointains. Pour les champs proches, un post-traitement supplémentaire est nécessaire pour une plus haute précision.

#### A.2 Équipement de mesures et environnement d'essai

##### A.2.1 Description générale

L'équipement de balayage du volume est constitué d'une sonde et une structure pour tenir l'EUT et la sonde permettant un mouvement en 3D entre les deux, le tout situé dans un lieu d'essai approprié.

L'équipement suivant peut être exigé:

- chambre anéchoïque ou site d'essai extérieur,
- sonde électrique et/ou magnétique,
- structure de support pour la sonde,
- structure de support pour l'EUT,
- synthétiseur et amplificateur(s),
- système de positionnement de la sonde,
- système de positionnement EUT,
- récepteur ou autre dispositif de mesure.

On peut utiliser un ordinateur pour contrôler l'équipement de mesures. L'équipement d'essai doit être placé de façon à ne pas influencer les mesures. Une configuration typique de système de mesures EUT est montrée en Figure A.1.

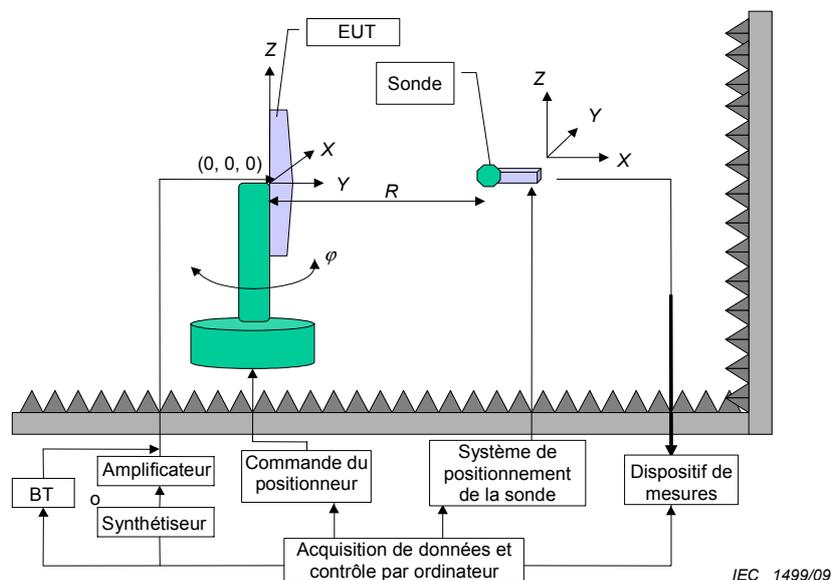


Figure A.1 – Schéma du système de mesures EUT

NOTE Les mesures sur le site d'essai sont possibles pour les panneaux et les petites antennes. Pour l'antenne type des systèmes de radiodiffusion, seules des mesures sur site sont possibles (voir recommandation UIT-R BS.1968 et UIT-R BS.1195).

### A.2.2 Équipement de balayage

Le système de positionnement tenant l'EUT et la sonde doit pouvoir balayer un volume spécifié de l'environnement d'essai.

L'échantillonnage du volume spécifié est atteint par des déplacements relatifs, transposition et rotation, entre la structure supportant la sonde et l'EUT. Les mesures peuvent alors être effectuées comme un ensemble de balayages sur des surfaces planes, sphériques ou cylindriques.

#### Précision

La précision de la position de l'extrémité de la sonde sur la zone de mesures doit être inférieure à  $\pm 0,5$  cm.

#### Résolution d'échantillonnage

La résolution d'échantillonnage est l'étape à laquelle le système de mesures est capable de réaliser des mesures. La résolution d'échantillonnage doit être de  $\lambda/10$  ou moins.

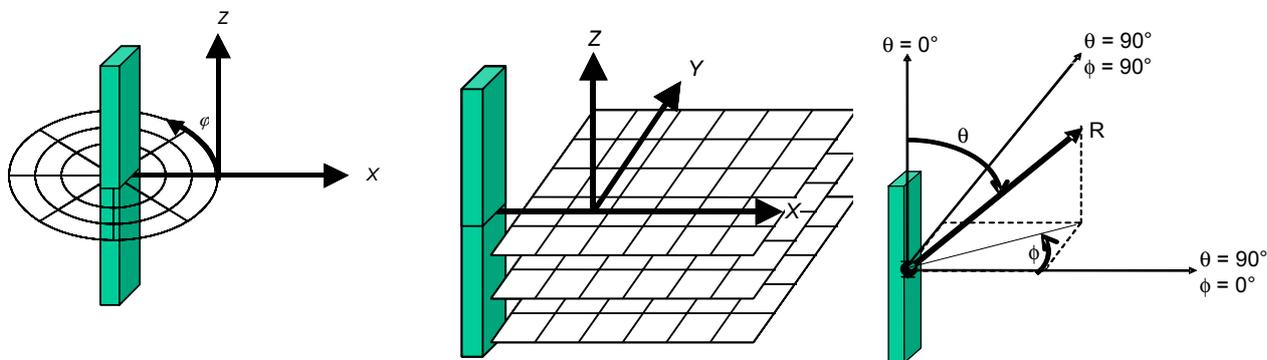
#### Systèmes de coordonnées

On peut se servir de systèmes de coordonnées alternatifs (Figure A.2).

Les axes de référence sont définis par

- X la distance en face de l'antenne, où  $\theta=90^\circ$   $\phi=0^\circ$  dans le système de coordonnées sphérique,
- Y la distance sur le côté de l'antenne, où  $\phi$  l'angle dans le système de coordonnées cylindrique,
- Z la hauteur le long de l'axe de l'antenne, où  $\theta=0^\circ$  dans le système de coordonnées sphérique.

L'origine du système de coordonnées doit être définie, par exemple par le centre du panneau arrière dans le cas d'antennes à panneau, et le centre de l'antenne dans le cas d'antennes omni-directionnelles.



IEC 1501/09

Figure A.2 – Coordonnées cylindriques, cartésiennes et sphériques définies par rapport à l'EUT

### A.2.3 Équipement de mesures

L'équipement de mesures doit être composé de la sonde et du dispositif de mesures (ex. voltmètre).

L'équipement de mesures doit avoir une échelle de mesures compatible avec les niveaux de puissance RF utilisés dans les essais et les champs résultants aux points d'observation.

La linéarité des équipements de mesures des champ-*E* et champ-*H* doit se situer dans  $\pm 1$  dB de l'échelle de mesures.

### A.2.4 Structure de support de l'EUT

L'antenne doit être montée sur un support diélectrique fixé au système de positionnement. Le support doit être un matériau à permittivité relative basse et conductivité basse:  $\tan(\delta) \leq 0,05$  et  $\epsilon_r \leq 5$ .

Alternativement, l'antenne peut être fixée à un support métallique si c'est la situation normale de fonctionnement de l'antenne. Si la situation de montage est différente d'un équivalent d'espace libre, ceci doit être documenté dans les résultats de mesures.

### A.2.5 Spécifications de puissance d'entrée

L'EUT doit être alimenté avec des fréquences comparables aux configurations normales. Une source RF, par ex. un générateur ou un synthétiseur & amplificateur, remplace l'émetteur fournissant la puissance d'entrée à l'EUT. L'échelonnement de la puissance est fourni par post-traitement.

Une puissance suffisante doit être disponible pour générer un niveau de champs dans la gamme de détection de l'équipement de mesures à la plus grande distance de mesures.

La chaîne de puissance est généralement composée d'un synthétiseur de signal avec un amplificateur de puissance, un coupleur connecté à un wattmètre et un câble à l'antenne.

La chaîne de puissance doit être soigneusement évaluée pour estimer avec précision la puissance d'entrée alimentant l'antenne.

### A.2.6 Site d'essai

Le site d'essai doit être évalué de façon à minimiser le niveau de perturbation du fait de réflexions ou de bruit ambiant, qui ne soit pas dépasser  $-25$  dB du champ incident en tout point d'observation.

La température ambiante doit rester dans les  $10$  °C à  $30$  °C et ne doit pas varier de plus  $\pm 5$  °C pendant l'essai.

## A.3 Post-traitement

### A.3.1 Interpolation des mesures

L'évaluation des champs *E* et *H* aux points d'investigation doit être faite par mesures directes et/ou par interpolation entre les points de mesures.

### A.3.2 Mesures échelonnées d'une puissance d'entrée donnée

Le champ- $E$  mesuré (respectivement champ- $H$ ),  $E$ ,  $E_o$  (respectivement  $H_o$ ), est obtenu pour une puissance d'entrée donnée  $P_o$ . Le champ- $E$  (respectivement champ- $H$ ) étant proportionnel à la racine carrée de la puissance d'entrée, le champ- $E$  (champ- $H$ ),  $E$  (respectivement  $H$ ) pour une autre puissance d'entrée  $P$  est donné par:

$$E = \sqrt{\frac{P}{P_o}} E_o \quad (\text{A.1})$$

$$H = \sqrt{\frac{P}{P_o}} H_o \quad (\text{A.2})$$

## Annexe B (informative)

### Exemples de limites de conformité

Pour chaque bande, on prend une antenne typique telle qu'un dipôle. Ce dipôle est accordé à la fréquence centrale de la bande, pour que sa dimension soit  $\lambda/2$ .

En conséquence, la distance de conformité est calculée avec l'expression générale valable dans les conditions de champs lointains:

$$E(V/m) = \frac{\sqrt{30 \cdot P(W) \cdot G_i}}{D(m)} \quad (B.1)$$

qui devient approximativement la relation bien connue pour un dipôle:

$$E(V/m) = \frac{7\sqrt{P(W)}}{D(m)} \quad (G_i = 1,64 G_D) \quad (B.2)$$

Donc, pour un niveau de référence donné, on peut définir une distance D du dipôle pour que le champ-E à cette distance soit équivalent au niveau de référence du champ-E:

$$D(m) = \frac{\sqrt{30 \cdot P(W) \cdot G_i}}{E(V/m)} \quad (B.3)$$

dans un cas général.

Les résultats sont reportés pour chaque fréquence dans un tableau pour une puissance P de 100 W et un niveau de référence donné par les recommandations appropriées (voir Tableau B.1).

#### Condition de champ lointain

Cette distance est calculée pour vérifier la possibilité d'utiliser l'expression du champ-E valable uniquement en champ lointain. Dans cette colonne du tableau, on considère que les conditions de champs lointains sont atteintes si l'expression ci-dessous est respectée:

$$S_{\min} = \frac{2S^2}{\lambda}$$

où

S est la dimension de l'antenne.

Dans le cas d'un dipôle, S est égal à  $\lambda/2$ . Pour une antenne cornet, S est normalement la dimension diagonale de l'ouverture.

Si la distance de conformité est inférieure à la distance de champ lointain, on peut faire l'hypothèse que le champ électrique calculé est surestimé.

**Tableau B.1 – Exemples de limites de conformité**

<b>Antenne</b>	<b>Fréquence</b> MHz	<b>Niveau de référence <i>E</i></b> V/m	<b>Gain isotropique linéaire</b> dBi	<b>Distance de conformité</b> m
Dipôle	57	28,0	1,64	2,5
Dipôle	98	28,0	1,64	2,5
Dipôle	202	28,0	1,64	2,5
Dipôle	560	32,5	1,64	2,2
Dipôle	706	36,5	1,64	1,9
Cornet	1 460	52,5	4,00	2,1
Cornet	20 000	61,0	100,00	9,0

Puissance transmise (W)	100
-------------------------	-----

Pour l'interpolation de puissance, le facteur de correction de  $\sqrt{(\text{puissance [watt]}/100)}$  doit être appliqué à la distance de conformité.

## Bibliographie

CEI 60050-121, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 121: Electromagnétisme*

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

ITU-R BS.1195:1995, *Caractéristiques des antennes d'émission en ondes métriques et décimétriques*

ITU-R BS.1698:2005, *Evaluation des champs provenant des systèmes d'émission de radiodiffusion par voie hertzienne de Terre fonctionnant dans n'importe quelle bande de fréquences pour estimer l'effet de l'exposition aux rayonnements non ionisants*

---

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE.  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)