

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic field

Évaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic field

Évaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.020, 29.140

ISBN 978-2-8322-2348-2

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, physical quantities, units and abbreviations	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Physical quantities and units.....	12
3.3 Abbreviations.....	13
4 Limits	13
4.1 General.....	13
4.2 Unintentional radiating part of lighting equipment.....	14
4.2.1 General	14
4.2.2 Lighting equipment deemed to comply with the Van der Hoofden test without testing	14
4.2.3 Application of limits.....	14
4.3 Intentional radiating part of lighting equipment.....	14
5 General requirements Van der Hoofden test	15
5.1 Measurand.....	15
5.2 Supply voltage and frequency	15
5.3 Measurement frequency range.....	16
5.4 Ambient temperature.....	16
5.5 Measurement equipment requirements.....	16
5.6 Measurement instrumentation uncertainty	17
5.7 Test report	17
5.8 Evaluation of results	18
6 Measurement procedure for the Van der Hoofden test	18
6.1 General.....	18
6.2 Operating conditions	18
6.2.1 Operating conditions for lighting equipment	18
6.2.2 Operating conditions for specific lighting equipment	18
6.2.3 Operating conditions for lighting equipment with intentional radiators	19
6.3 Measurement distance	19
6.4 Measurement set-up	19
6.4.1 General	19
6.4.2 Measurement set-up for specific lighting equipment.....	20
6.5 Location of measurement test head	20
6.6 Calculation of the results	20
7 Assessment procedure intentional radiators.....	20
7.1 General.....	20
7.2 Low-power exclusion method	20
7.2.1 General	20
7.2.2 Determination of the total radiated power	21
7.2.3 Determination of the low-power exclusion level.....	21
7.2.4 Summation of multiple transmitters	21
7.3 Application of the EMF product standard for body worn-equipment	21
7.4 Application of the EMF product standard for base stations	21

7.5	Application of another EMF standard	21
Annex A	(normative) Measurement distances	23
Annex B	(informative) Location of measurement test head	24
Annex C	(informative) Exposure limits	29
C.1	General.....	29
C.2	ICNIRP	29
C.2.1	ICNIRP 1998	29
C.2.2	ICNIRP 2010	29
C.3	IEEE	29
Annex D	(informative) Rationale measurement and assessment method	31
D.1	General.....	31
D.2	Induced internal electric field	31
D.2.1	General	31
D.2.2	Induced electric field due to the magnetic field; $E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$	33
D.2.3	Induced electric field due to the electric field; $E_{\text{cap}}(f_i, d)$	38
D.3	Thermal effects from 100 kHz to 300 GHz	41
D.3.1	General	41
D.3.2	The 100 kHz to 30 MHz contribution to the thermal effects	42
D.3.3	The 30 MHz to 300 MHz contribution to the thermal effects	43
D.3.4	Overall conclusion for the contribution to thermal effects	44
Annex E	(normative) Practical internal electric-field measurement and assessment method	45
E.1	Measurement of induced internal electric field.....	45
E.2	Calculation program.....	45
E.3	Compliance criterion for the Van der Hoofden head test.....	46
Annex F	(normative) Protection network	47
F.1	Calibration of the protection network	47
F.2	Calculation of the theoretical characteristic of the protection network.....	48
Annex G	(informative) Measurement instrumentation uncertainty	50
Annex H	(informative) Equipment deemed to comply	52
Annex I	(informative) Intentional radiators.....	54
I.1	General.....	54
I.2	Intentional radiators in lighting equipment	54
I.3	Properties of antennas in lighting applications	54
I.4	Exposure assessment approach.....	60
I.4.1	General	60
I.4.2	Determination of average total radiated power $P_{\text{int,rad}}$	60
I.4.3	Determination of the low-power exclusion level P_{max}	61
I.5	Multiple transmitters in a luminaire.....	61
I.6	Exposure to multiple luminaires	62
I.7	References in Annex I.....	62
Bibliography		64
Figure 1	– Compliance routes and pass/fail criteria for lighting equipment	15
Figure 2	– The Van der Hoofden test head.....	16
Figure 3	– Example of a protection circuit	17

Figure 4 – Measurement set-up	19
Figure 5 – Compliance demonstration procedure for the intentional-transmitter part of the lighting equipment.....	22
Figure B.1 – Location of measurement point in the transverse direction of lighting equipment – side view	24
Figure B.2 – Location of measurement points in the longitude direction of lighting equipment – side view	24
Figure B.3 – Location of measurement points in the longitude direction of lighting equipment; in the direction of illumination	25
Figure B.4 – Location of measurement point for lighting equipment with rotationally symmetrical dimensions.....	25
Figure B.5 – Location of measurement point for lighting equipment with rotationally symmetrical dimensions; in the direction of illumination	26
Figure B.6 – Location of measurement point for lighting equipment with the same dimensions in the x - and y - axis	26
Figure B.7 – Location of measurement point(s) for lighting equipment with single capped lamp (360° illumination).....	27
Figure B.8 – Location of measurement points for lighting equipment with a remote controlgear	27
Figure B.9 – Location of measurement point for an independent electronic converter	28
Figure B.10 – Location of measurement point(s) for an uplighter (floor standing/suspended).....	28
Figure D.1 – Overview measurement and assessment method.....	31
Figure D.2 – Distances of the head, loop and measurement set-up.....	33
Figure D.3 – Maximum current in the 2 m LLA as function of the frequency	35
Figure D.4 – Induced internal electric field and associated limit levels	37
Figure D.5 – Example of magnetic-field test result using the LLA.....	38
Figure D.6 – Distances of the head and measurement set-up	39
Figure D.7 – Plot of Equation (D.20)	39
Figure D.8 – Example of the CM-current measured using a conducted emission test	43
Figure F.1 – Test set-up for normalization of the network analyser.....	47
Figure F.2 – Test set-up for measurement of the voltage division factor using a network analyser.....	48
Figure F.3 – Calculated theoretical characteristic for the calibration of the protection network.....	49
Figure H.1 – Flow chart to determine applicability deemed to comply without F factor measurement.....	53
Figure I.1 – Luminaire with a transmitting antenna in a room.....	56
Figure I.2 – Impact of a conducting ceiling/plane	57
Figure I.3 – Electric field of a small electrical dipole: analytical formula vs far-field approximation	58
Figure I.4 – Electric field as a function of distance, antenna gain and input power (far-field approximation)	59
Figure I.5 – Impact of pulsed signals on the average exposure	60
Table 1 – Physical quantities and units	13
Table 2 – Receiver or spectrum analyser settings	16
Table A.1 – Lighting equipment and measurement distances	23

Table C.1 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies between 100 kHz and 10 GHz	29
Table C.2 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 MHz	29
Table C.3 – IEEE basic restrictions (BR) for the general public	30
Table C.4 – IEEE basic restrictions (BR) between 100 kHz and 3 GHz for the general public	30
Table D.1 – Induced internal electric field calculations	34
Table D.2 – Calculation main contributions	40
Table D.3 – Frequency steps for the amplitude addition that equals 1,11 times B_6	41
Table D.4 – Frequency steps for the power addition that equals 0,833 times B_6	42
Table D.5 – Field strength limits according to CISPR 15	43
Table E.1 – Conductivity as a function of frequency (see Table C.1 of IEC 62311:2007)	46
Table G.1 – Uncertainty calculation for the measurement method described in Clauses 5 and 6 in the frequency range from 20 kHz to 10 MHz	50
Table G.2 – Comments and information to Table G.1	51
Table I.1 – Overview of wireless radio technologies that might be applied in lighting systems	55

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ASSESSMENT OF LIGHTING EQUIPMENT RELATED TO HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62493 has been prepared by IEC technical committee 34: Lamps and related equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) identification of lighting product types deemed to comply with the standard without the need for test;
- b) deletion of the need for CISPR-15-compliance as a prerequisite for IEC 62493 compliance;
- c) inclusion of the consequences of the ICNIRP 2010 guidelines for (up to 100 kHz);
- d) adding some guidance to the Van der Hoofden test head method to improve reproducibility of results;
- e) inclusion of compliance demonstration method for products having intentional radiators.

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

FDIS	Report on voting
34/222/FDIS	34/228/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.

A list of all parts in the IEC 62493 series, published under the general title *Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields*, can be found on the IEC website.

The exposure limits given in Annex C (informative) are for information only; they do not comprise an exhaustive list and are valid only in certain regions of the world. It is the responsibility of users of this standard to ensure that they use the current version of the limit values specified by the applicable national authorities.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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 document using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard establishes a suitable evaluation method for the influence of the electromagnetic fields in the space around the equipment mentioned in the scope, and defines standardized operating conditions and measurement distances.

This standard is designed to assess, by measurements and/or calculations, electromagnetic (EM) fields and their potential effect on the human body by reference to exposure levels of the general public given by ICNIRP:1998 [1]¹, ICNIRP 2010 [2], IEEE C95.1:2005 [3] and IEEE C95.6:2002 [4]. The exposure levels with which to comply are basic restrictions (both ICNIRP- and IEEE-based).

Based on the lighting equipment operating properties, the frequency range of the applicable basic restrictions can be limited as follows:

- internal electric field between 20 kHz and 10 MHz;
- specific absorption rate (SAR) between 100 kHz and 300 MHz;
- power density is outside the scope.

NOTE Operating frequencies of lighting equipment are higher than 20 kHz to avoid audible noise and infrared interference. Frequency contributions above 300 MHz can be neglected.

This standard is not meant to supplant definitions and procedures specified in exposure standards, but it is aimed at supplementing the procedure already specified for compliance with exposure.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

ASSESSMENT OF LIGHTING EQUIPMENT RELATED TO HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS

1 Scope

This International Standard applies to the assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields. The assessment consists of the induced internal electric field for frequencies from 20 kHz to 10 MHz and the specific absorption rate (SAR) for frequencies from 100 kHz to 300 MHz around lighting equipment.

Included in the scope of this standard are:

- all lighting equipment with a primary function of generating and/or distributing light intended for illumination purposes, and intended either for connection to the low voltage electricity supply or for battery operation; used indoor and/or outdoor;
- lighting part of multi-function equipment where one of the primary functions of this is illumination;
- independent auxiliaries exclusively for the use with lighting equipment;
- lighting equipment including intentional radiators for wireless communication or control.

Excluded from the scope of this standard are:

- lighting equipment for aircraft and airfields;
- lighting equipment for road vehicles; (except lighting used for the illumination of passenger compartments in public transport)
- lighting equipment for agriculture;
- lighting equipment for boats/vessels;
- photocopiers, slide projectors;
- apparatus for which the requirements of electromagnetic fields are explicitly formulated in other IEC standards.

NOTE The methods described in this standard are not suitable for comparing the fields from different lighting equipment.

This standard does not apply to built-in components for luminaires such as electronic controlgear.

2 Normative references

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

IEC 62209-2:2010, *Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)*

IEC 62232:2011, *Determination of RF field strength and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure*

IEC 62311:2007, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

IEC 62479:2010, *Assessment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz to 300 GHz)*

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

3 Terms, definitions, physical quantities, units and abbreviations

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

ballast

unit inserted between the supply and one or more discharge lamps which by means of inductance, capacitance, or a combination of inductance and capacitance, serves mainly to limit the current of the lamp(s) to the required value

Note 1 to entry: It may also include means for transforming the supply voltage and arrangements that help provide starting voltage and pre-heating current.

3.1.2

basic restriction

basic limitations

restrictions on exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields that are based on established biological effects and including a safety factor

Note 1 to entry: The basic restriction is the maximum level that should not be exceeded under any conditions.

3.1.3

built-in lamp controlgear

lamp controlgear generally designed to be built into a luminaire, a box, an enclosure or the like and not intended to be mounted outside a luminaire, etc. without special precautions

Note 1 to entry: The controlgear compartment in the base of a road lighting column is considered to be an enclosure.

3.1.4

compliance factor

F

factor determined using the Van der Hoofden head test method that represents the measured (weighted and summed) induced internal electric field due to the external electric field in the frequency range 20 kHz to 10 MHz

Note 1 to entry: See Annex D and Annex E.

3.1.5

electronic controlgear

mains-supplied a.c./d.c. to a.c./d.c. inverter including stabilizing elements for starting and operating one or more lamps, generally at high frequency

Note 1 to entry: All kinds of igniters, starters, switches, dimmers (including phase control units e.g. triac, GTO) and sensors are not considered as electronic controlgear.

3.1.6

exposure

exposure occurs whenever and wherever a person is subjected to electric, magnetic or electromagnetic fields or to contact currents other than those originating from physiological processes in the body and other natural phenomena

3.1.7

exposure distance

typical distance between lighting equipment and a person under normal conditions of use

3.1.8**fluorescent lamp**

discharge lamp of the low pressure mercury type in which most of the light is emitted by one or several layers of phosphors excited by the ultraviolet radiation from the discharge

Note 1 to entry: These lamps are frequently tubular and, in GB are then usually called fluorescent tubes.

3.1.9**high-intensity discharge lamp****HID lamp**

electric discharge lamp in which the light-producing arc is stabilized by wall temperature and the arc has a bulb wall loading in excess of 3 W/cm^2

Note 1 to entry: HID lamps include groups of lamps known as high pressure mercury, metal halide and high pressure sodium lamps.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.10**high-pressure lamp**

high intensity discharge lamp in which the major portion of the light is produced, directly or indirectly, by radiation from mercury or sodium vapour operating at relatively high levels of partial pressure

3.1.11**independent auxiliary**

auxiliaries consisting of one or more separate elements designed so that it can be mounted separately outside a luminaire, with protection according to the marking of the auxiliaries and without any additional enclosure

EXAMPLE: Examples are dimmers, transformers and convertors for incandescent lamps or LED light sources, ballasts for discharge lamps (including fluorescent lamps) and semi-luminaires for compact fluorescent lamps, incandescent lamps or LED light sources

Note 1 to entry: This may consist of a built-in auxiliary housed in a suitable enclosure which provides all the necessary protection according to its markings.

3.1.12**independent lamp controlgear****independent electronic converter**

lamp controlgear consisting of one or more separate elements so designed that it can be mounted separately outside a luminaire, with protection according to the marking of the lamp controlgear and without any additional enclosure

Note 1 to entry: This may consist of a built-in lamp controlgear housed in a suitable enclosure that provides all the necessary protection according to its markings.

3.1.13**integral lamp controlgear**

lamp controlgear which forms a non-replaceable part of a luminaire and which cannot be tested separately from the luminaire

3.1.14**intentional radiator**

any device that is designed to produce electromagnetic fields on purpose in order to provide functions such as wireless communication, control, detection, etc.

3.1.15**lamp controlgear**

one or more components between the supply and one or more lamps which may serve to transform the supply voltage, limit the current of the lamp(s) to the required value, provide starting voltage and preheating current, prevent cold starting, correct power factor or reduce radio interference

3.1.16

light emitting diode

LED

solid state device embodying a p-n junction, emitting optical radiation when excited by an electric current

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.17

lighting equipment

equipment with a primary function of generating and/or regulating and/or distributing optical radiation by electric light source(s)

3.1.18

low-pressure lamp

discharge lamp in which the light is produced by radiation from sodium vapour or mercury

3.1.19

measurement distance

distance between the lighting equipment and the external surface of the measurement test-head

Note 1 to entry: See Annex A.

3.1.20

measurement point

position and location of the measurement test head relative to the lighting equipment

3.1.21

organic light emitting diode

OLED

light emitting semiconductor that has an electroluminescent zone made of organic compounds consisting of a cathode, an anode, and organic electroluminescent layers

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.22

self-ballasted lamp

unit which can be dismantled without being permanently damaged, provided with a lamp cap and incorporating a light source and additional elements necessary for starting and for stable operating of the light source

3.2 Physical quantities and units

For the purposes of this document the following physical quantities and units given in Table 1 apply.

Table 1 – Physical quantities and units

Quantity	Symbol	Unit	Dimension
Conductivity	σ	Siemens per metre	S/m
Current density	J	Ampere per square metre	A/m ²
Electric field strength	E	Volt per metre	V/m
Frequency	f	Hertz	Hz
Magnetic field strength	H	Ampère per metre	A/m
Magnetic flux density	B	Tesla	T (Wb/m ² , Vs/m ²)
Power	P	Watt	W
Current	I	Ampere	A

3.3 Abbreviations

For the purposes of this document the following abbreviations apply.

a.c.	alternating current
BR	basic restriction
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
d.c.	direct current
DUT	device under test
EIRP	equivalent isotropically radiated power
EMF	electromagnetic field
EMI	electromagnetic interference
ERP	effective radiated power
GTO	gate turn off
HID	high intensity discharge
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IR	Infrared
LED	light emitting diode
LLA	large loop antenna
NWA	network analyser
OLED	organic light emitting diode
PRF	pulse repetition frequency
RF	radio frequency
r.m.s.	root mean square
SAR	specific absorption rate
UV	ultraviolet
WBA	whole-body average

4 Limits

4.1 General

The basic restrictions or reference levels for the general public of either IEEE C95.1-2005 or ICNIRP 1998 and ICNIRP 2010 are used, see Annex C.

Lighting equipment shall comply with the Van der Hoofden test limit (4.2.3), unless it is inherently compliant (4.2.2). If equipped with intentional radiators, it shall also pass the assessment procedure for intentional radiators (4.3). An overview of the routes to demonstrate compliance against these limits is given in Figure 1.

4.2 Unintentional radiating part of lighting equipment

4.2.1 General

This subclause 4.2 applies for lighting equipment, excluding the intentional radiating part (as far as applicable).

4.2.2 Lighting equipment deemed to comply with the Van der Hoofden test without testing

Lighting equipment is deemed to comply with the requirements of this standard without testing if it fulfils one of the following inherent-compliance conditions:

- 1) it contains no electronic controlgear;
- 2) it is incandescent-lamp technology, including halogen;
- 3) it is a LED-light-source technology;
- 4) it is an OLED light-source technology;
- 5) it is high-pressure discharge lamp technologies;
- 6) it is based on low-pressure discharge lamp technologies with an exposure distance larger than or equal to 50 cm (according to Table A.1);
- 7) it is an independent auxiliary.

The background and rationale for these conditions is given in the informative Annex H.

Lighting equipment that does not fulfil any of these conditions is subject to the requirements given in 4.2.3.

4.2.3 Application of limits

Lighting equipment, as described in the scope, and which does not fulfil one of the inherent compliance conditions mentioned in 4.2.2, complies with this standard if the compliance factor F (see 3.1.4) is less than or equal to 1.

4.3 Intentional radiating part of lighting equipment

If one or more intentional radiators are part of the lighting equipment, then for compliance with this standard, one of the methods given in Clause 7 shall be applied and the conditions satisfied. See also Annex I for details.

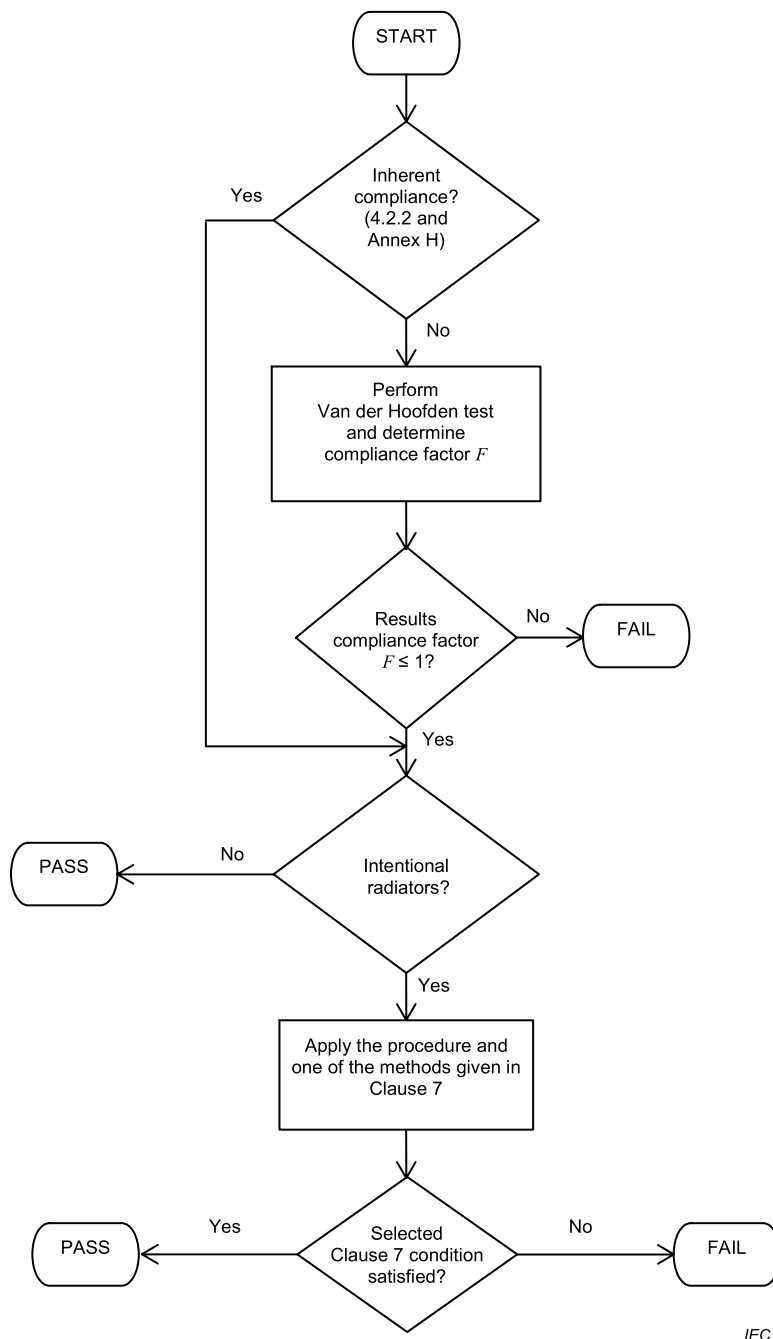


Figure 1 – Compliance routes and pass/fail criteria for lighting equipment

5 General requirements Van der Hoofden test

5.1 Measurand

The induced internal electric field level is determined by measuring the capacitive current $I_{\text{cap}}(f_n)$ into a standardised test head (see Figure 4 and Annex E for details). The capacitive current is measured as a voltage $V(f_n)$ by a spectrum analyser or receiver through a coupling network (see Figure 3), the voltage being a function of the frequency. This Clause 5 gives details on the test head, the measuring instrumentation and the measuring conditions.

5.2 Supply voltage and frequency

For a.c.-operated equipment, measurements shall be carried out at mains a.c.-voltage within $\pm 2\%$ of the maximum rated supply voltage.

Equipment which can be operated from different a.c.-supply voltages and a.c.-supply frequencies shall be measured only at one a.c.-supply voltage within ± 2 % of the maximum rated supply voltage and at one a.c.-supply frequency (50 Hz or 60 Hz).

Equipment which can be operated from both (multiple) a.c.- and/or d.c. supplies shall be measured only at one d.c.-supply voltage within ± 2 % of the maximum rated d.c.-supply voltage.

5.3 Measurement frequency range

The measurement frequency range considered is from 20 kHz to 10 MHz (see Annex E).

5.4 Ambient temperature

Measurements shall be carried out in the ambient temperature range 15 °C to 25 °C.

5.5 Measurement equipment requirements

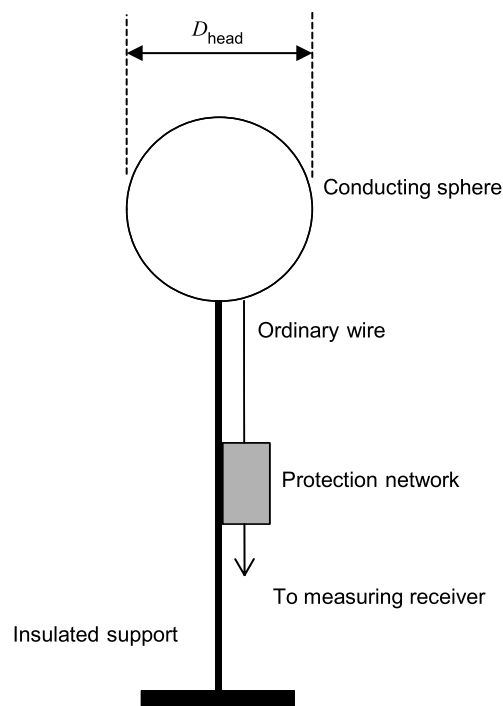
An electromagnetic interference (EMI) test receiver or spectrum analyser according to CISPR 16-1-1 is required, with the settings given in Table 2:

Table 2 – Receiver or spectrum analyser settings

Frequency range	B_6	Measurement time	f_{step}	Detector
20 kHz to 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	Peak
150 kHz to 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	Peak

B_6 is the 6 dB bandwidth as specified in CISPR 16-1-1.

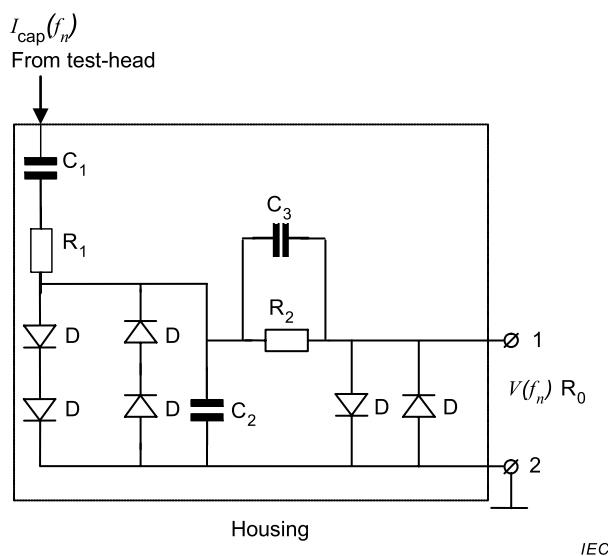
A Van der Hoofden test head, as depicted in Figure 2, consists of a conducting sphere with an outside diameter of $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ mounted on an insulated (e.g. wood, plastic) support and connected via an ordinary wire to a protection network.



IEC

Figure 2 – The Van der Hoofden test head

An example of the protection circuit can be found in Figure 3.

**Example**

$C_1 = 470 \text{ pF}$

$C_2 = 10 \text{ nF}$

$C_3 = \text{optional capacitor } (\sim 56 \text{ pF})$

to fulfill the transfer function
requirements of Annex F

$R_1 = 470 \text{ } \Omega$

$R_2 = 150 \text{ } \Omega$

D = Schottky diode

$R_0 = 50 \text{ } \Omega$ input of EMI receiver

Terminals 1 and 2 are to be connected to an EMI receiver or spectrum analyzer via coaxial cable

Figure 3 – Example of a protection circuit

The transfer function of the protection network is given by Equation (1)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{cap}}(f_n)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C_2]^2}} \quad (1)$$

The transfer function of the protection network shall not deviate more than $\pm 1 \text{ dB}$ from the calculated characteristic (see Annex F for calculation). The calibration of the protection network shall be done according to the procedure described in detail in Annex F.

An overview of the measurement set-up is given in 6.4.

5.6 Measurement instrumentation uncertainty

A basic measurement instrumentation uncertainty U_{basic} is estimated to be 30 %. The actual instrumentation uncertainty of the measurement method applied within a laboratory (U_{lab}) shall be calculated. The actual uncertainty shall be used for compliance evaluation of the result (see 5.8). An example for the calculation of U_{lab} can be found in Annex G.

NOTE Guidance to assess uncertainty can be found in IEC 61786:1998 [5].

5.7 Test report

The test report shall include at least the following items:

- identification of the lighting equipment;
- specification of the measuring equipment;
- operating mode, measurement point(s) and distance(s)

- rated voltage and frequency;
- measurement result;
- applied limit set.

5.8 Evaluation of results

Compliance or non-compliance with the limit shall be determined in the following manner.

If the uncertainty calculated with the instrumentation actually used for the test (U_{lab}) is less than or equal to the uncertainty given in 5.6 (U_{basic}) then:

- compliance is deemed if the measurement result does not exceed the applicable limit;
- non-compliance is deemed to occur if the measurement result exceeds the applicable limit.

If the uncertainty calculated with the instrumentation used for the test (U_{lab}) is higher than the uncertainty given in 5.6 (U_{basic}) then:

- compliance is deemed to occur if the measurement result, increased by ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), does not exceed the applicable limit.
- non-compliance is deemed to occur if the measurement result, increased by ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), exceeds the applicable limit.

6 Measurement procedure for the Van der Hoofden test

6.1 General

The assessment method is based on basic restrictions given in both ICNIRP 1998 and ICNIRP 2010, or in IEEE C95.1-2005. The measurement procedure used simulates the induced internal electric field in a person near lighting equipment. The measurements are carried out under the conditions specified in this Clause 6.

6.2 Operating conditions

6.2.1 Operating conditions for lighting equipment

Measurements on the lighting equipment shall be carried out in operating conditions as specified by the manufacturer.

In the case of lighting equipment where it is possible to interchange between lamps of different rated wattage, it is only necessary to measure the lighting equipment in combination with the lamp that has the highest nominal lamp voltage.

Prior to measurement, the lamp(s) shall be operated until stabilisation has been reached. Unless otherwise stated by the manufacturer, the following stabilisation times shall be observed:

- 15 min for low-pressure discharge lamps;
- 30 min for other discharge lamps.

All measurements shall be done with 100 h aged lamps.

6.2.2 Operating conditions for specific lighting equipment

Multiple lamp lighting equipment: When the lighting equipment incorporates more than one lamp, all lamps shall be operated simultaneously.

Self-contained emergency lighting equipment: If the appliance can be connected and be operated from the mains it shall be tested in this mode of operation. No tests are required in the battery-operating mode.

Lighting equipment capable of light regulation shall be measured at both the minimum and maximum limit of light regulation.

6.2.3 Operating conditions for lighting equipment with intentional radiators

The intentional radiating part of the DUT shall be disabled during the Van der Hoofden head test unless this action renders operation of the DUT impossible.

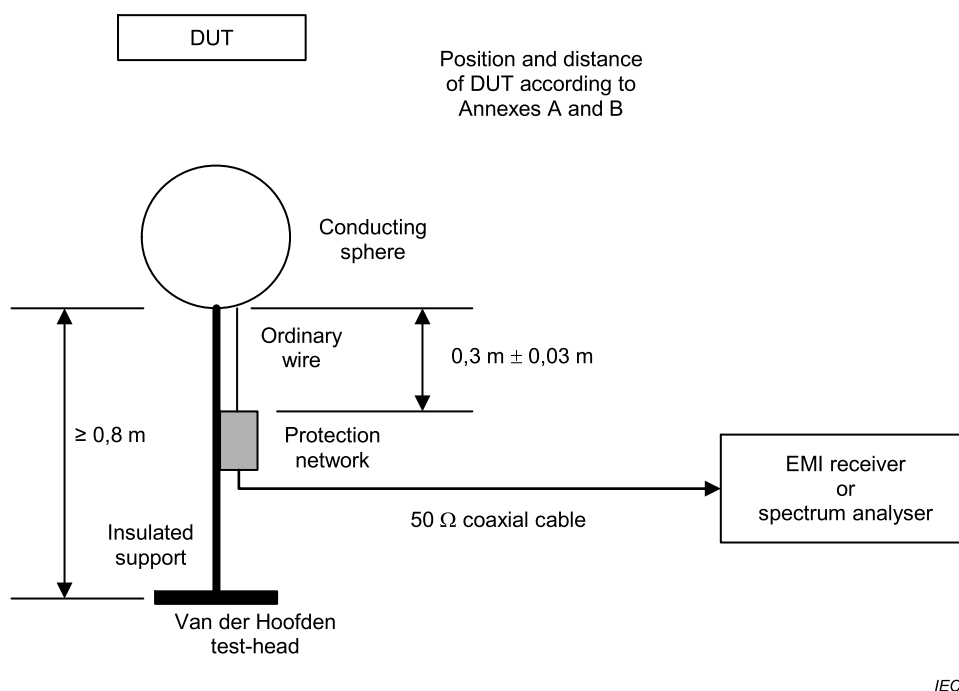
6.3 Measurement distance

Lighting equipment is evaluated in accordance with the measurement distance given in Table A.1 of Annex A unless otherwise specified by the manufacturer where a limitation of use is specified in the installation instructions. The external surface of the test head is taken as the reference point when determining the measurement distance. See Figures B.1 to B.10 in Annex B. Tolerances of the measurement distances are $\pm 5\%$.

6.4 Measurement set-up

6.4.1 General

The measurement set-up is given in Figure 4.



Key

DUT device under test.

Figure 4 – Measurement set-up

If the lighting equipment is provided with an earthing terminal, the lighting equipment shall be connected by means of an earth conductor contained in the power cable to the lighting equipment.

The EMI receiver or spectrum analyser shall be powered by mains including protective earth.

During the tests no conductive plane or object or human being should be closer to the lighting equipment than 0,8 m.

The height of the insulated support is minimum 0,8 m. The conducting sphere is connected to the protection network via an ordinary wire of length $30\text{ cm} \pm 3\text{ cm}$. The protection network is then connected to the EMI receiver, or spectrum analyser, by a 50 Ω coaxial cable having a maximum cable loss of 0,2 dB and a d.c. resistance of $\leq 10\ \Omega$.

6.4.2 Measurement set-up for specific lighting equipment

6.4.2.1 Self-ballasted lamps

These lamps shall be inserted directly into a lamp holder, which is mounted on a piece of insulating material. The measurement test head is positioned at the measurement distance as specified in Table A.1 from the end of the lamp.

6.4.2.2 Independent electronic controlgear

Independent electronic controlgear shall be mounted on a piece of insulating material together with a suitable lamp of the maximum permitted power. The load cable(s) between the controlgear and the lighting equipment shall be 0,8 m with a relative tolerance of 20 % unless otherwise specified by the manufacturer. The configuration of controlgear, lighting equipment and cable(s) shall be measured in accordance with Figure B.9.

6.5 Location of measurement test head

The measurement locations of the test head shall be selected in accordance with the following criteria.

Measurements shall only be performed in a direction consistent with that of the likely exposure of the general public during normal use.

The general principles for the location of the conducting sphere of the test head with respect to the device under test (DUT) is outlined in more detail in the Figures B.1 to B.3 of Annex B.

In the case of lighting equipment incorporating double capped fluorescent lamps greater than 30 cm, the test head is positioned as shown in Figure B.2. The measurement procedure is repeated for both ends of the lamp, and in the case of multiple-lamp lighting equipment, each lamp is measured in-turn.

In the case of lighting equipment for other lamps, the test head is positioned at the appropriate measurement distance as specified in Table A.1, central to the point of intended illumination.

For those lighting equipment where a central point of illumination cannot be determined, or where the direction of illumination is not in the direction of the general public during normal use, for example an up light, a measurement point is selected at the appropriate test distance from the lighting equipment around its perimeter. More than one measurement point may be selected to confirm the performance of the lighting equipment.

Figures B.4 to B.10 give examples of the location of the measurement point(s) for typical lighting equipment.

6.6 Calculation of the results

The measurement results are calculated in accordance with Annex E.

7 Assessment procedure intentional radiators

7.1 General

Figure 5 shows the options for the compliance demonstration of the intentional radiating part of the lighting equipment. This Clause 7 gives further guidance on these different options.

7.2 Low-power exclusion method

7.2.1 General

The first option for compliance demonstration of the intentional radiating part of lighting equipment is based on determination of the total average radiated power of the intentional radiator. This so called low-power exclusion approach is specified in IEC 62479. In this approach, low-power exclusion levels are specified. If the actual total averaged (6 min) power $P_{\text{int,rad}}$ at the input of an intentional transmitter is below the exclusion level P_{max} , then the product complies by design without further testing if the following relation is fulfilled:

$$P_{\text{int,rad}} < P_{\text{max}} \quad (2)$$

See Clause I.4 for further information on the low-power exclusion approach.

7.2.2 Determination of the total radiated power

Generally, the total radiated power $P_{\text{int,rad}}$ can be determined from design specifications of the intentional radiators that are applied. When determining the value of $P_{\text{int,rad}}$ one has to take care of the way how the power is specified. Also, in case of pulsed power, the duty cycle of the transmitted signal has to be incorporated, because the 6 min average has to be determined. Annex I gives further guidance on how to determine $P_{\text{int,rad}}$.

7.2.3 Determination of the low-power exclusion level

The basic EMF standard IEC 62479 gives low-power exclusion levels P_{max} based on the various basic restrictions that apply and the various categories of exposed humans (general public, occupational). See Table A.1 of IEC 62479:2010. For instance for ICNIRP 1998, general public exposure, the worst case low-power exclusion level is 20 mW for head and trunk. However, in practice much larger exclusion levels P_{max} are obtained because of the minimum exposure distance of certain lighting equipment, and due to properties of the applied antennas. Subclause I.4.3 gives more guidance on determination of the low-power exclusion levels P_{max} .

7.2.4 Summation of multiple transmitters

In case of lighting equipment with multiple intentional radiators, the contributions from the individual intentional transmitters are to be added. The way of summation depends on whether RF-signals of the individual transmitters are correlated or not. Clause I.5 gives more guidance on the summation method and its compliance criterion.

7.3 Application of the EMF product standard for body worn-equipment

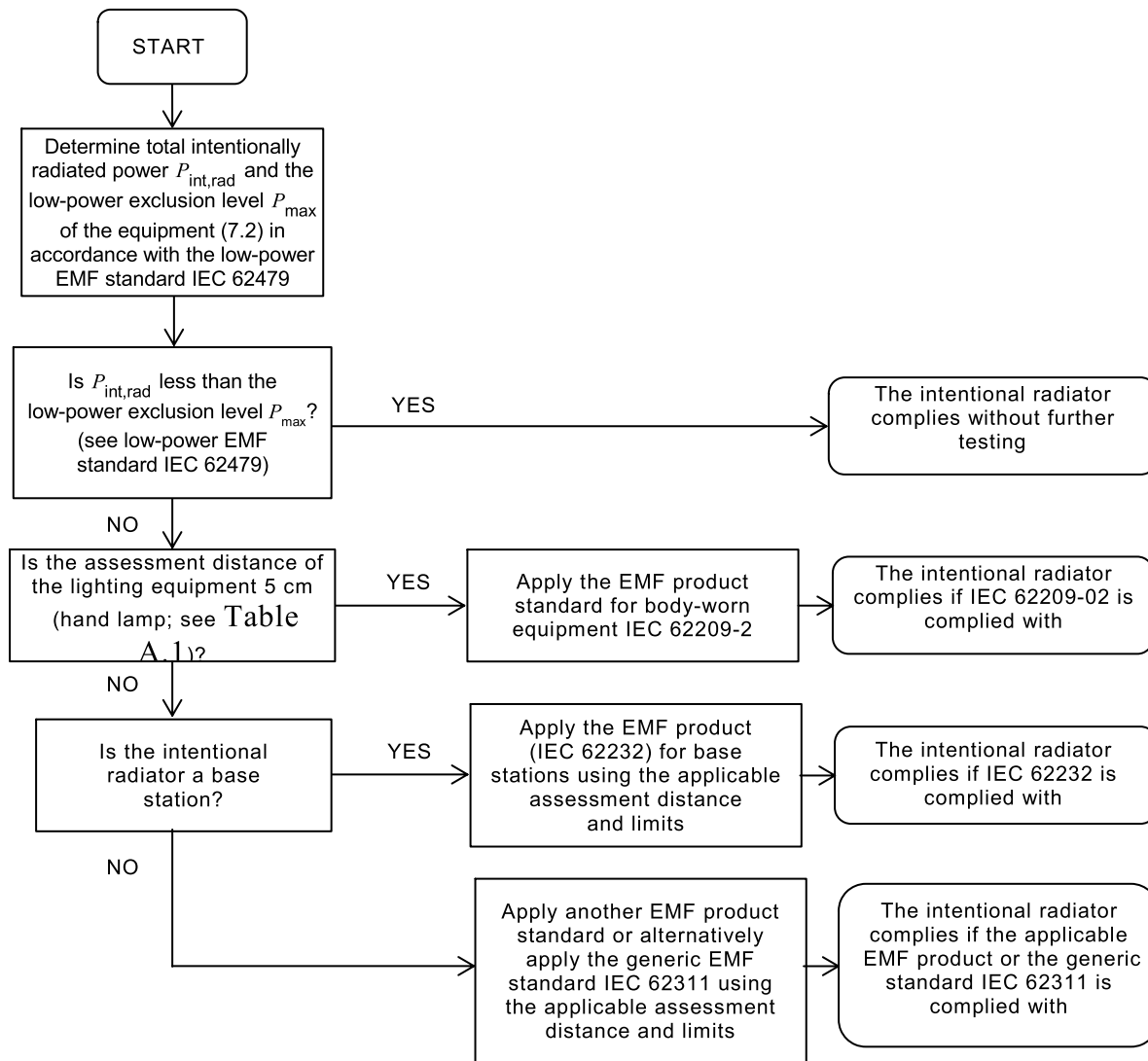
In case, the low-power exclusion level criterion is not met (7.2), and if the exposure distance between the intentional radiating part of the lighting equipment and the exposed person is less or equal than 0,05 m, then the specific EMF product standard IEC 62209-2 for body-worn equipment shall be applied for compliance demonstration.

7.4 Application of the EMF product standard for base stations

In case, the low-power exclusion level criterion is not met (7.2), and if the intentional radiating part of the lighting equipment is a base station, then the specific EMF product standard IEC 62232 for base-station shall be applied for compliance demonstration using the applicable assessment distance and limits.

7.5 Application of another EMF standard

In case, the low-power exclusion level criterion is not met (7.2), and if the intentional radiating part cannot be considered as body-worn equipment (7.3) or as a base station (7.4), then possibly another EMF product standard may be applied or alternatively the generic EMF standard IEC 62311 shall be applied for compliance demonstration using the applicable assessment distance and limits.



IEC

Figure 5 – Compliance demonstration procedure for the intentional-transmitter part of the lighting equipment

Annex A (normative)

Measurement distances

The measurement distances in Table A.1 have been defined, based upon the expected location of the general public during normal operation.

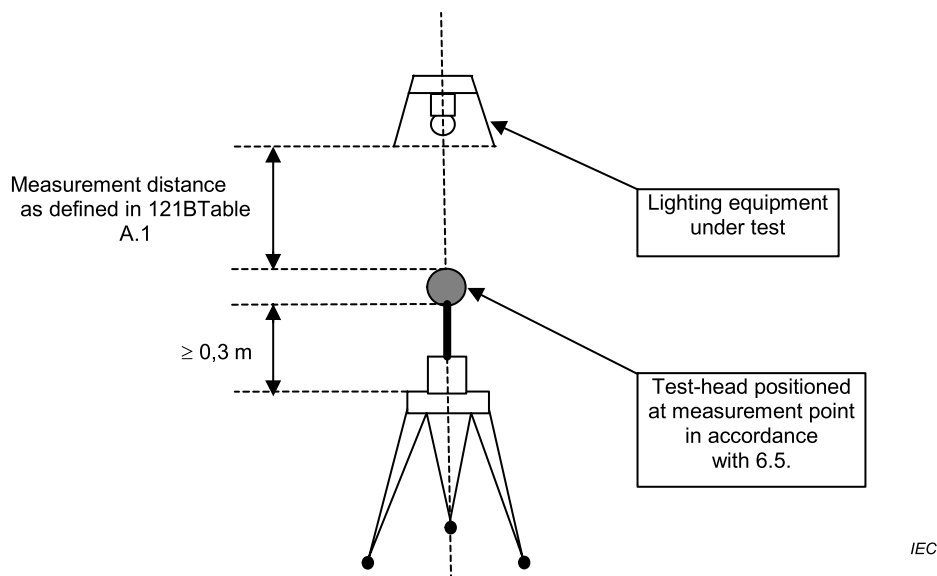
Table A.1 – Lighting equipment and measurement distances

Type of lighting equipment ^c	Measurement distance cm
Hand lamps ^a	5 ^a
Table lighting equipment	30
Wall lighting equipment	50
Up lighter	50
Suspended lighting equipment	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ^b ≤ 180 W	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ^b > 180 W	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ^b ≤ 180 W	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ^b > 180 W	100
Portable lighting equipment	50
Flood lights	200
Lighting equipment for road and street lighting	200
Lighting chains	50
Lighting equipment for swimming-pools and similar applications	50
Lighting equipment for stage lighting, television and film studios (outdoor and indoor)	100
Lighting equipment for use in clinical areas of hospitals and health care buildings	50
Ground recessed lighting equipment	50
Aquarium lighting equipment	50
Plug- in night lights	50
Self-ballasted lamps	30
UV and IR radiation equipment	50
Transport lighting (installed in the passenger compartment of buses and trains)	50
Other lighting equipment not mentioned in this table	50
^a Measurement distance should be 30 cm and the measured value should be calculated to a distance of 5 cm (equation: $1/r^3$). ^b Total nominal power of the lighting equipment. ^c If LE (lighting equipment) falls into more than one category, then the category with the shortest measurement distance applies.	

Annex B (informative)

Location of measurement test head

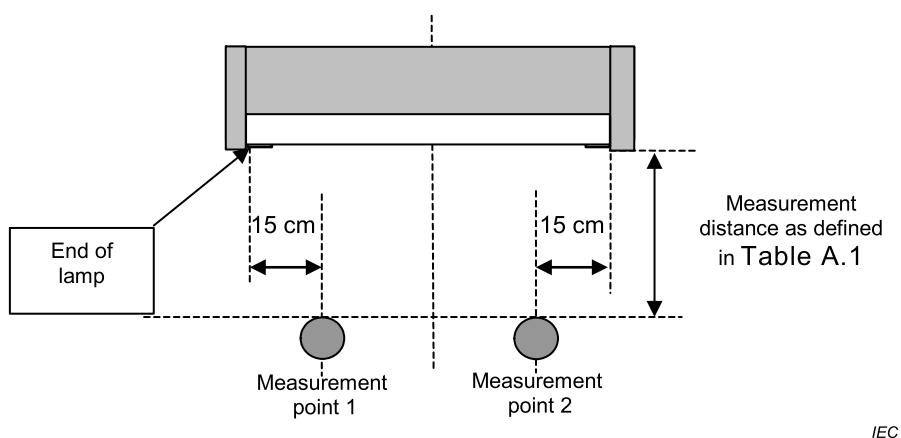
The Figures B.1 through B.10 in this annex contain arrangements (position, orientations) of the Van der Hoofden test head with respect to the lighting equipment under test. See also 6.4 and 6.5 for detailed specifications of the measurement arrangements.



This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with double capped fluorescent lamp(s).

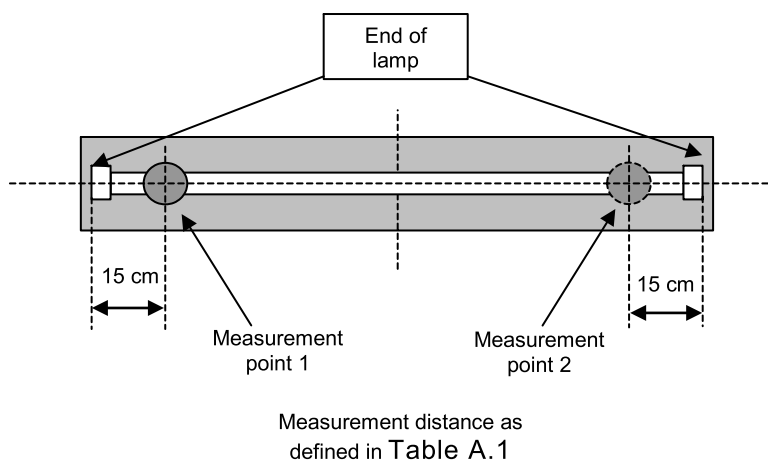
Figure B.1 – Location of measurement point in the transverse direction of lighting equipment – side view



This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with double capped fluorescent lamp(s)

Figure B.2 – Location of measurement points in the longitude direction of lighting equipment – side view

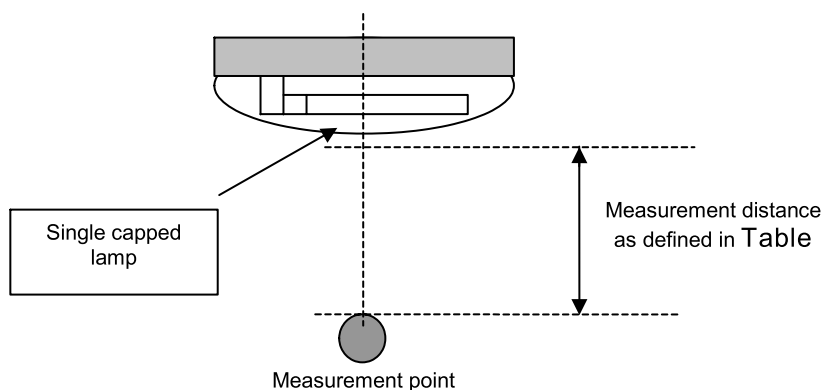


IEC

This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with double capped fluorescent lamp(s)

Figure B.3 – Location of measurement points in the longitude direction of lighting equipment; in the direction of illumination

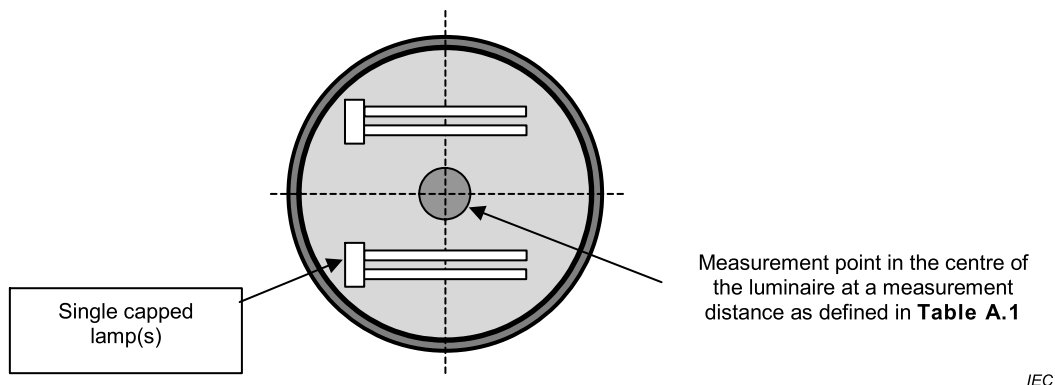


IEC

This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with single capped fluorescent lamp(s)

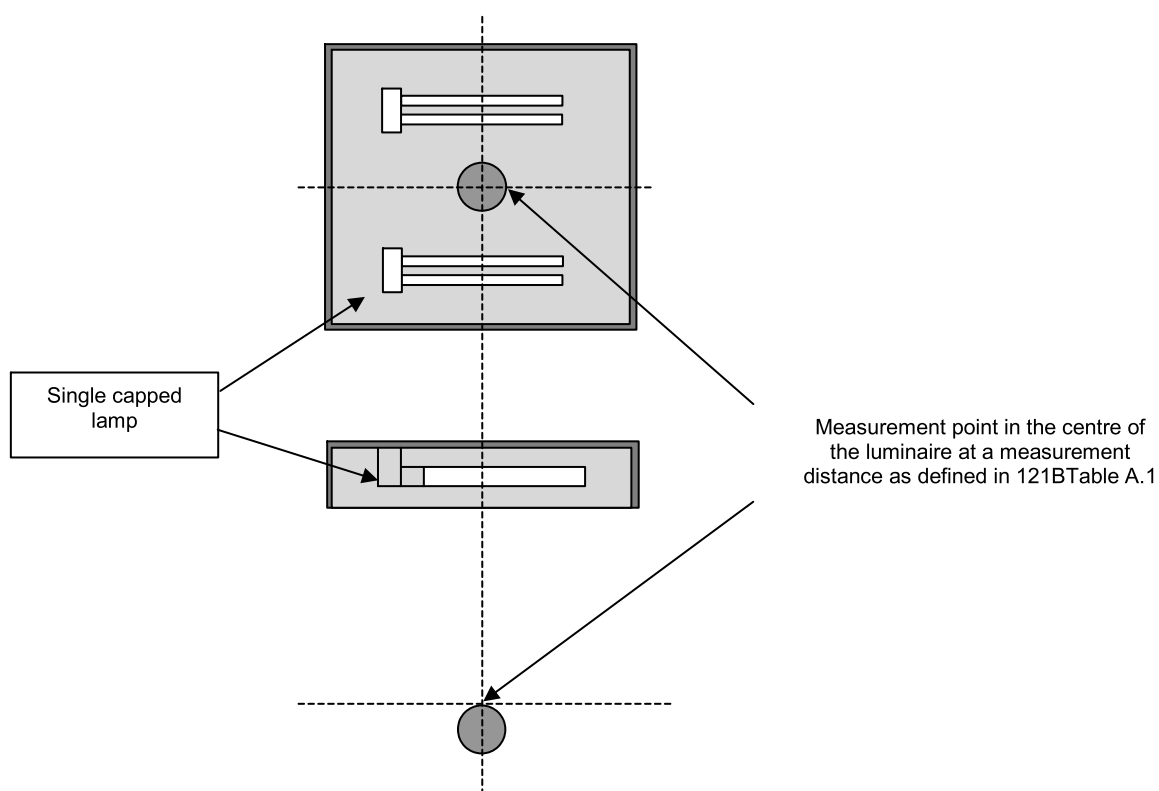
Figure B.4 – Location of measurement point for lighting equipment with rotationally symmetrical dimensions



This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with single capped fluorescent lamp(s) or other single capped lamp(s)

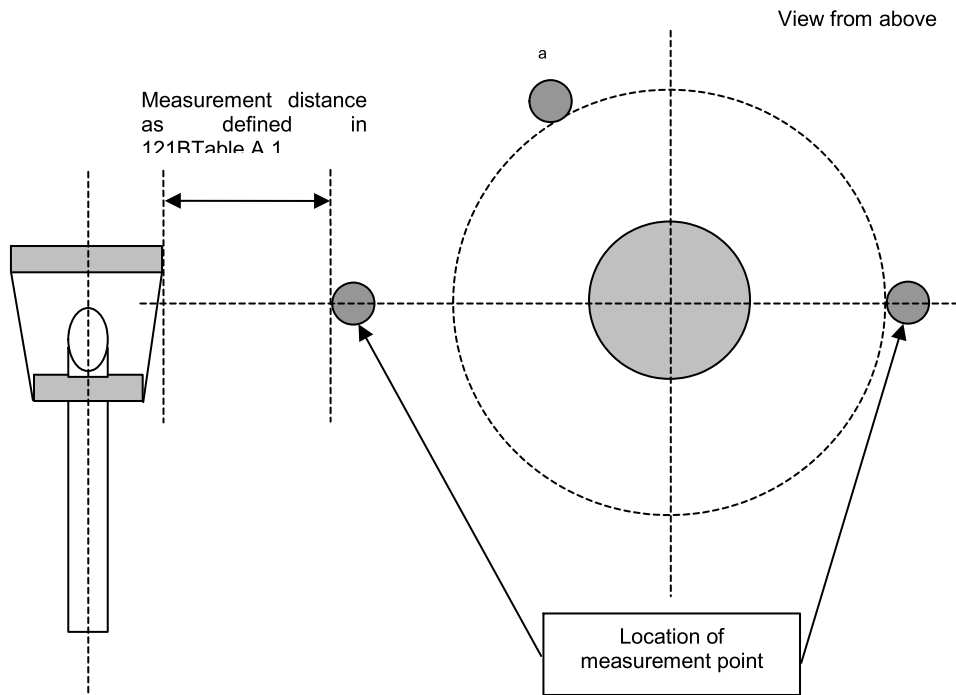
Figure B.5 – Location of measurement point for lighting equipment with rotationally symmetrical dimensions; in the direction of illumination



This applies to recessed, surface or pole mounted lighting equipment.

NOTE Examples include luminaires with single or capped lamp(s)

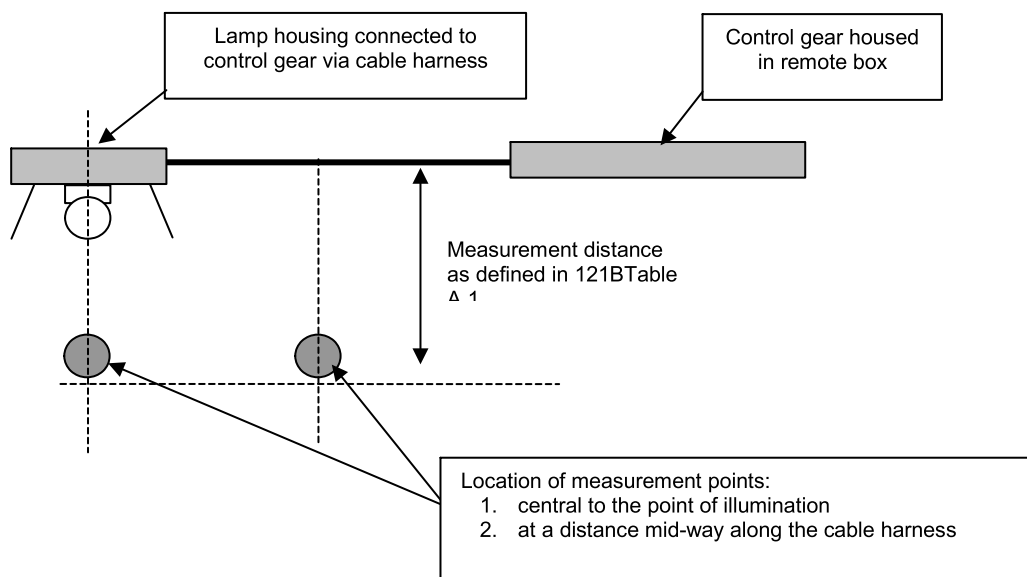
Figure B.6 – Location of measurement point for lighting equipment with the same dimensions in the x - and y - axis



IEC

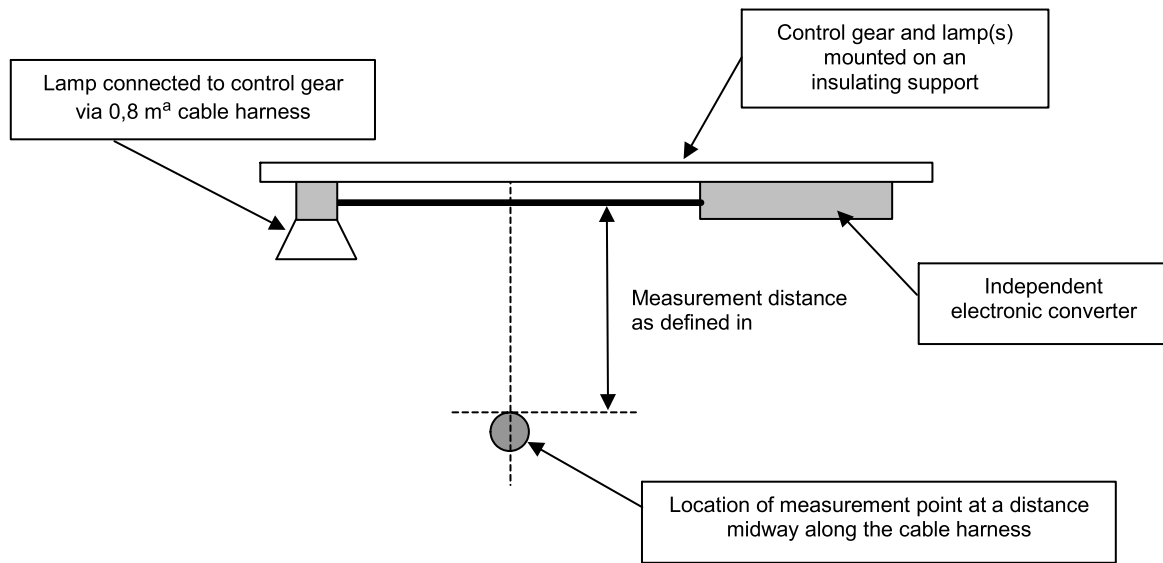
^a Additional measurement points may be applied around the perimeter of the lighting equipment.

Figure B.7 – Location of measurement point(s) for lighting equipment with single capped lamp (360° illumination)



IEC

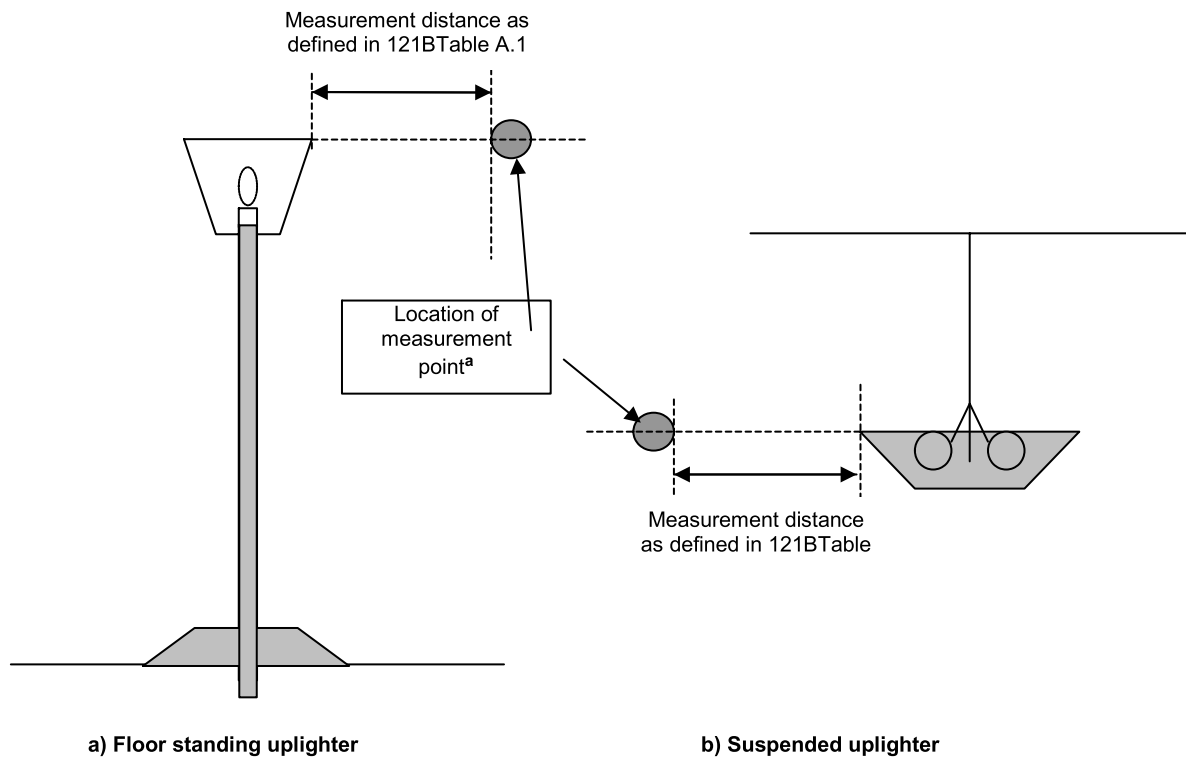
Figure B.8 – Location of measurement points for lighting equipment with a remote control gear



IEC

^a Length of cable 0,8 m unless defined otherwise in manufacturer's installation instructions.

Figure B.9 – Location of measurement point for an independent electronic converter



IEC

^a In the case of linear fluorescent lamps, the test-head is located perpendicular to the lamp(s) 15 cm from the end of the lamp(s), as depicted in Figure B.2.

Figure B.10 – Location of measurement point(s) for an uplighter (floor standing/suspended)

Annex C (informative)

Exposure limits

C.1 General

The exposure limits given in this informative annex (see [1], [2], [3] and [4]) are for information only, do not comprise an exhaustive list and are valid only in certain regions of the world. It is the responsibility of users of this standard to ensure that they use the current version of the limit values specified by the applicable national authorities.

C.2 ICNIRP

C.2.1 ICNIRP 1998

Table C.1 provides the basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies between 100 kHz and 10 GHz (see [1]):

Table C.1 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies between 100 kHz and 10 GHz

Frequency range	Average SAR (whole body) W/kg	Localised SAR (head and trunk) W/kg	Localised SAR (limbs) W/kg
100 kHz to 10 GHz	0,08	2	4

C.2.2 ICNIRP 2010

Table C.2 provides the basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 MHz (see [2]):

Table C.2 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 MHz

Exposure characteristic	Frequency range	Internal electric field V/m
CNS tissue of the head	1 Hz to 10 Hz	$0,1/f$
	10 Hz to 25 Hz	0,01
	25 Hz to 1 000Hz	$4 \times 10^{-4}f$
	1 000 Hz to 3 kHz	0,4
	3 kHz to 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$
All tissues of the head and body	1 Hz to 3 kHz	0,4
	3 kHz to 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$
f is the frequency in Hz. All values are r.m.s.		

C.3 IEEE

Table C.3 provides the IEEE basic restrictions (BR) for the general public between 0 Hz and 3 kHz (see [4]) and Table C.4 provides the IEEE Basic Restrictions (BR) between 100 kHz and 3 GHz for the general public (see [3]).

Table C.3 – IEEE basic restrictions (BR) for the general public

		Action level ^a			Persons in controlled environments		
Exposed tissue	F_e Hz	E_0	r.m.s.	V/m	E_0	r.m.s.	V/m
Brain	20	$5,89 \times 10^{-3}$			$1,77 \times 10^{-2}$		
Heart	167	0,943			0,943		
Extremities	3 350	2,10			2,10		
Other tissues	3 350	0,701			2,10		
E_0 is the rheobase in situ field. f_e is the frequency parameter.							
^a Within this frequency range the term “action level” is equivalent to the term “general public” in IEEE Std C95.6-2002.							

NOTE Entries in Table C.3 and elsewhere in this standard are sometimes given to three significant digits. This degree of precision is provided so that the reader can follow the various derivations and relationships presented in this standard, and does not imply that the numerical quantities are known to that precision.

Table C.4 – IEEE basic restrictions (BR) between 100 kHz and 3 GHz for the general public

		Action level ^a SAR ^b	Persons in controlled environments SAR ^c
		W/kg	W/kg
Whole-body exposure	Whole-Body Average (WBA)	0,08	0,4
Localized exposure	Localized (peak spatial-average)	2 ^c	10 ^c
Localized exposure	Extremities ^d and pinnae	4 ^c	20 ^c
^a BR for the general public when an RF safety program is unavailable. ^b SAR is averaged over the appropriate averaging times. ^c Averaged over any 10 g of tissue (defined as a tissue volume in the shape of a cube –the volume of the cube is approximately 10 cm ³). ^d The extremities are the arms and legs distal from the elbows and knees, respectively.			

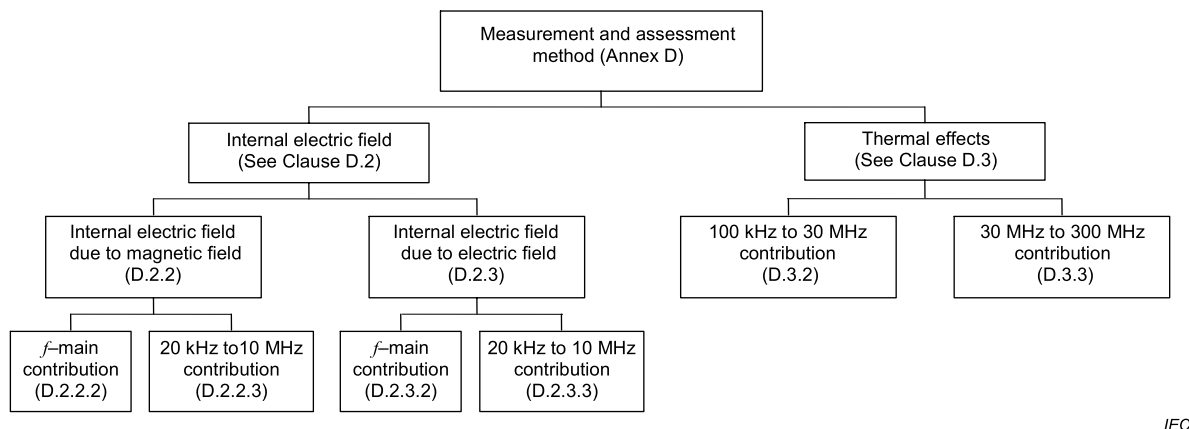
Annex D (informative)

Rationale measurement and assessment method

D.1 General

The ICNIRP and IEEE based exposure compliance measurement and assessment method, given in this annex (see Figure D.1), consists of an evaluation of the internal electric field (see Clause D.2) and the thermal effects (see Clause D.3). The assessment in this annex is based on the case that the equipment does not include intentional radiators and that the unintended EM-emissions of the equipment complies with the electromagnetic compatibility (EMC) requirements that apply for lighting equipment. As a typical example, the International IEC Standard for EM-disturbances of lighting equipment (CISPR 15) has been applied in this annex. However, a similar assessment may be performed using other EMC emission standards. Note that although calculations given in this annex are based on CISPR 15 limits, even exceeding these limits by significant margin is unlikely to cause an EMF safety risk.

In case the lighting equipment includes intentional radiators, then an additional compliance criterion applies. See Annex I and Clause 7 for details.



IEC

Figure D.1 – Overview measurement and assessment method

D.2 Induced internal electric field

D.2.1 General

Based on the basic restrictions, the induced internal electric field in a (dummy) person shall meet the requirement of Equation (D.1):

$$\sum_{f_i = 1\text{Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{E(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.1})$$

where

$E(f_i, d)$ is the induced internal electric field at frequency f_i and at a measurement distance d according to Annex A;

$E_{\text{Lim}}(f_i)$ is the internal electric field density basic restriction at frequency f_i of Table C.1.

The induced electric field in the (dummy) person can be caused by:

- eddy currents in the (dummy) person due to the magnetic field of lighting equipment under test, as described in D.2.2.

- capacitive currents from lighting equipment under test to the (dummy) person due to the electric field, as described in D.2.3.

So Equation (D.1) can be rewritten as:

$$\sum_{f_i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.2})$$

where

$E_{\text{eddy}}(f_i, d)$ is the induced internal electric field due to the external magnetic field at frequency f_i and at a distance d according to Annex A;

$E_{\text{cap}}(f_i, d)$ is the induced internal electric field due to the external electric field at frequency f_i and at a distance d according to Annex A

The frequencies for the power converters in the lighting equipment are higher than 20 kHz in order to avoid audible noise and infrared interference. With this knowledge Equation (D.2) can be rewritten as:

$$\sum_{f_i=1\text{Hz}}^{20\text{kHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{Hz}}^{20\text{kHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.3})$$

The mains frequency of 50 Hz or 60 Hz is the only relevant frequency component in the frequency area of 1 Hz to 20 kHz. Therefore Equation (D.3) can be rewritten as:

$$\underbrace{\frac{E_{\text{eddy}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}}_{(\text{D.4.a})} + \underbrace{\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}}_{(\text{D.4.b})} + \underbrace{\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}}_{(\text{D.4.c})} + \underbrace{\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}}_{(\text{D.4.d})} \leq 1 \quad (\text{D.4})$$

The following subclauses D.2.2 and D.2.3 indicate how much each subpart of Equation (D.4) contributes.

D.2.2 Induced electric field due to the magnetic field; $E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$

D.2.2.1 General

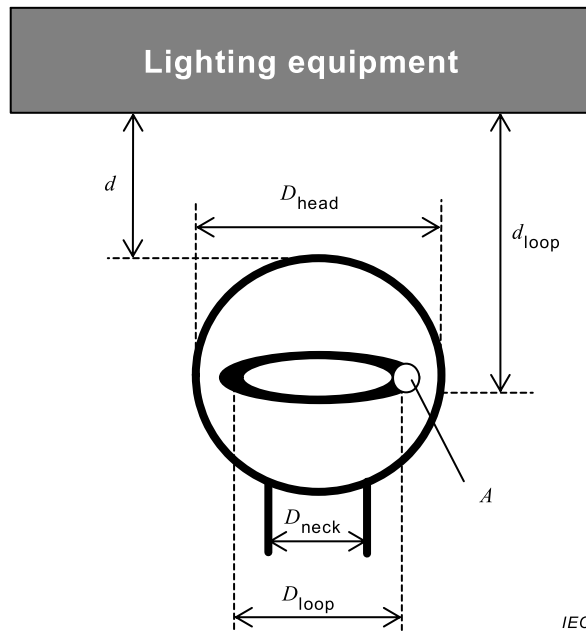


Figure D.2 – Distances of the head, loop and measurement set-up

The induced voltage in a loop in the head (see Figure D.2) due to the magnetic field can be calculated by Equation (D.5)

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.5})$$

where

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$ is the induced voltage in a loop in the head at frequency f_i and at a distance d_{loop} ;

d_{loop} is the diameter of the loop in the head;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$ is the magnetic B-field at frequency f_i and at a distance d_{loop} .

The induced current in the loop of the head due to the magnetic field can be calculated by Equation (D.6)

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\frac{\pi \cdot D_{\text{loop}}}{A \cdot \sigma(f_i)}} \quad (\text{D.6})$$

where

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$ is the induced current in a loop of the head due to the magnetic field at frequency f_i and at a distance d_{loop} ;

A is the “wired” area of the loop in the head;

$\sigma(f_i)$ is the conductivity of the loop in the head at frequency f_i .

Subsequently, the current density in the loop of the head due to the magnetic field, at a certain frequency f_i and distance d_{loop} , can be calculated by Equation (D.7)

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.7})$$

The internal induced electric field can be determined using the relation

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \sigma(f_i) \cdot E(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.8})$$

Finally, this gives the following expression for the internal electric field:

$$E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.9})$$

D.2.2.2 The f_{mains} contribution of the induced current density due to the magnetic field

The measured B-field at the mains frequency and at a distance $d = 0,3$ m from the lighting equipment is approximately 60 nT. With $D_{\text{loop}} = D_{\text{head}} = 0,21$ m the following data can be calculated (see Table D.1):

Table D.1 – Induced internal electric field calculations

$f_i = f_{\text{mains}}$ Hz	$E_{\text{eddy}}(f_i, d)$ at f_{mains} and $d = 0,3$ m nA/m ²	$E_{\text{Lim}}(f_i)$ at f_{mains} mA/m ²	$\frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}$ at f_{mains} and $d = 0,3$ m
50	0,99	0,02	49×10^{-6}
60	1,2	0 024	49×10^{-6}

Both the electric field limit and the induced electric field increase proportional with frequency (in this frequency range), therefore the relation in Table D.1 is constant.

It can be concluded that the induced electric field contribution in the head due to the magnetic field at the mains frequency and a measurement distance of $d = 0,3$ m can be neglected.

D.2.2.3 The 20 kHz to 10 MHz contribution of the induced electric field due to the magnetic field

The worst-case contribution of the electric field induced in the head due to the magnetic field in the frequency area from 20 kHz to 10 MHz and at a measurement distance d can be determined by using for instance the maximum possible level of radiated magnetic emissions of CISPR 15 [9]. According to CISPR 15 the maximum current induced by lighting equipment at the frequency f_i in the 2 m large loop antenna (LLA) is given by Figure D.3.

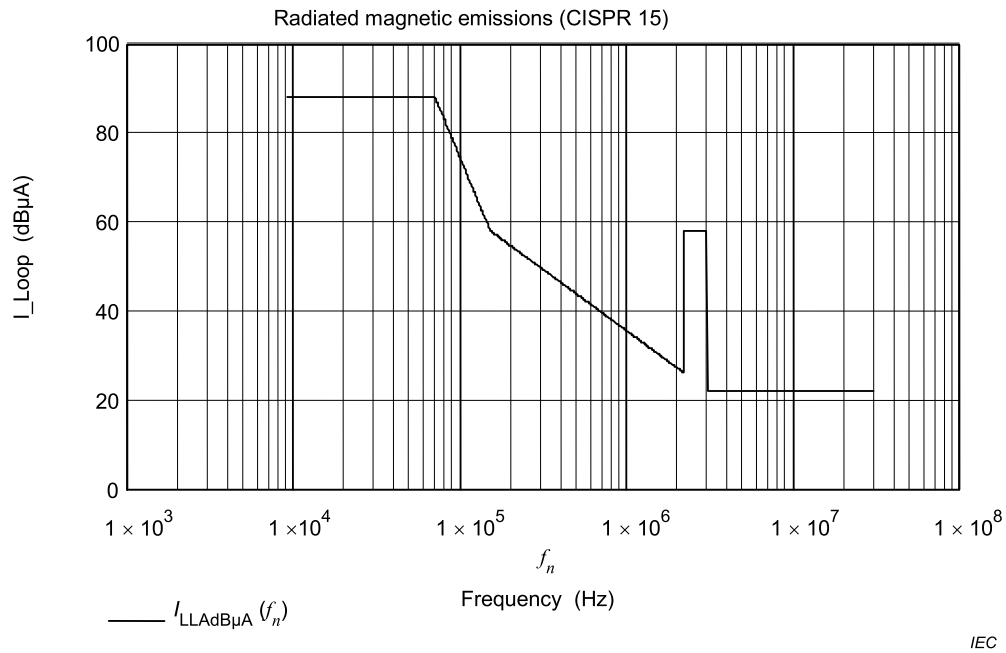


Figure D.3 – Maximum current in the 2 m LLA as function of the frequency

The maximum current at the frequency f_i in the 2 m LLA of Figure D.3 can be converted to the maximum B-field at the frequency f_i and at an arbitrary distance d .

The conversion can be explained as follows:

A virtual magnetic dipole with area A_{dipole} located at the centre of the 2 m LLA has a mutual inductance to the 2 m LLA of:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{\text{dipole}}}{D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.10})$$

where

M is the mutual inductance between the virtual magnetic dipole and the 2 m LLA;

A_{dipole} is the area of the virtual magnetic dipole;

D_{LLA} is the diameter of the 2 m LLA and equals 2 m.

The virtual magnetic dipole moment is $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$

where $I_{\text{dipole}}(f_i)$ is a virtual current at frequency f_i in the virtual magnetic dipole.

The induced voltage in the LLA is:

$$V_{\text{ind}}(f_i) = 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot M \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \quad (\text{D.11})$$

The current in the LLA is:

$$I_{\text{LLA}}(f_i) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{\text{LLA}}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{L_{\text{LLA}} D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.12})$$

where L_{LLA} is the inductance of the 2 m LLA and equals 9,65 μH

So, from the limit set to the current in the LLA, the virtual magnetic dipole moment $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$ can be calculated. From this virtual magnetic dipole moment the H-field strength in the direction where it is maxima can be calculated. The calculations are made up to 10 MHz, so the smallest wavelength is 30 m and the transition between near field and far field is at $30/2 \pi = 4,8$ m. For EMF we are interested in the induced current density at a smaller distance, so all calculations are based on the near field condition where $H \approx 1/d^3$. The maximum field strength at distance d_{loop} can be expressed as:

$$H(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.13})$$

where $d_{\text{loop}} = d + (D_{\text{head}}/2)$.

From this the maximum B-field at the frequency f_i and an arbitrary distance d_{loop} is defined as:

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.14})$$

In the worst case the B-fields in the x -, y - and z -direction all meet this maximum value. The resulting B-field can be calculated by Equation (D.13):

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.15})$$

Equation (D.7) can now be rewritten in Equation (D.16):

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.16})$$

Or expressed in terms of internal electric field:

$$E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.17})$$

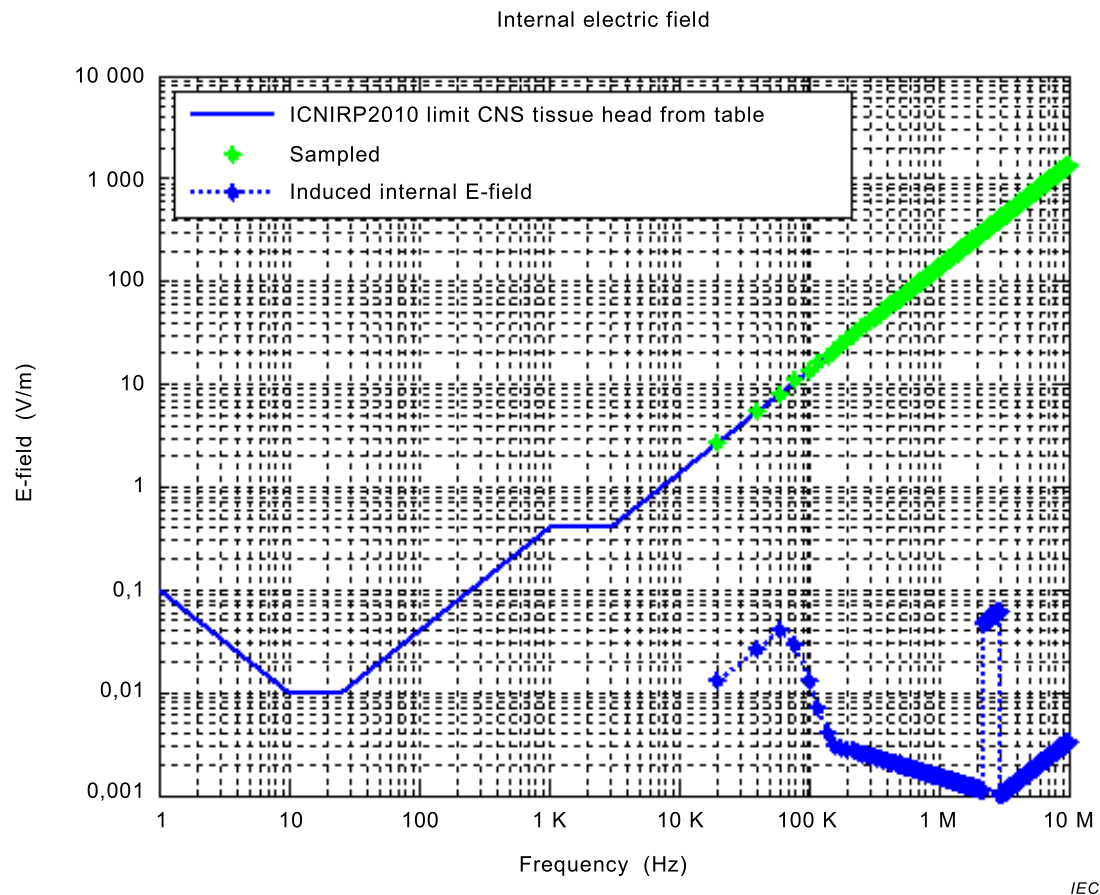


Figure D.4 – Induced internal electric field and associated limit levels

The worst-case contribution of the electric field in the head due to the magnetic field in the frequency area from 20 kHz to 10 MHz and at a distance $d = 0,3$ m can now be calculated by summing all the harmonics arising from the disturbance source inside the lighting equipment.

Figure D.4 depicts both the electric field limit and the induced electric field for this specific case. For a switched-mode power supply with a fundamental switching frequency of 20 kHz only the odd harmonics contribute. In this case:

$$\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \text{ and } \leq 0,02$$

This contribution is relatively small, and a similar small contribution may be expected if other EMC emission standards (other than CISPR 15) are taken as reference. Moreover, in this assessment a very conservative approach is taken, i.e. the unintended emission is present over the whole frequency range under consideration, and the emission-level is right at the limit at all these frequencies. This is very unlikely; in practice the unintended emission levels are near the limit only for a limited frequency range or even for just a few discrete spectral components. Furthermore, it should be noted that a worst case way of summation is applied, because possible phase relationships which are present in the case of harmonics are not taken into account. Figure D.5 shows as an example how the result of a magnetic field test using the LLA may look like.

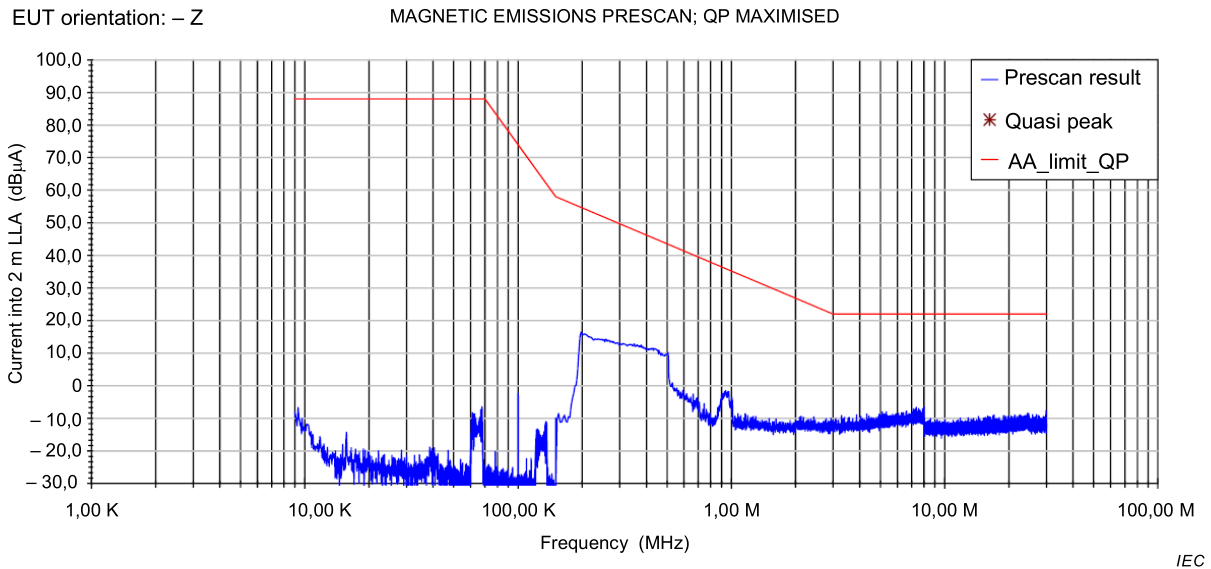


Figure D.5 – Example of magnetic-field test result using the LLA

Conclusion:

If lighting equipment complies with CISPR 15, the contribution from the magnetic field emission limit measured through the LLA is negligible, and Equation (D.4) can be simplified in Equation (D.18):

$$\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.18})$$

D.2.3 Induced electric field due to the electric field; $E_{\text{cap}}(f_i, d)$

D.2.3.1 General

The contribution of the electric field to the induced electric field in the head is measured by using a dummy person near the lighting equipment at a measurement distance d ; according to Table A.1 and a position according to Annex B. The dummy person used is the homogenous body model as described in Figure C.3 of IEC 62311:2007.

It is assumed that the head of the dummy person is closest to the lighting equipment and the maximum current density (and thus electric field level) occurs in the neck. Therefore only the head (a metalized sphere with an outside diameter of $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$) is used as a “current test head”. The diameter of the neck $D_{\text{neck}} = 110 \text{ mm}$, is used in the calculations of the internal electric field. Details of the “current-test-head” called “Van der Hoofden test head” can be found in 5.5.

NOTE The current density in the neck is homogenous since the skin effect up to 10 MHz can be neglected.

D.2.3.2 The f_{mains} contribution of the induced internal electric field due to the electric field

The contribution of the mains to the induced internal electric field will be calculated based on the following worst-case construction: Lighting equipment is a large plate at V_{mains} with respect to ground (see Figure D.4).

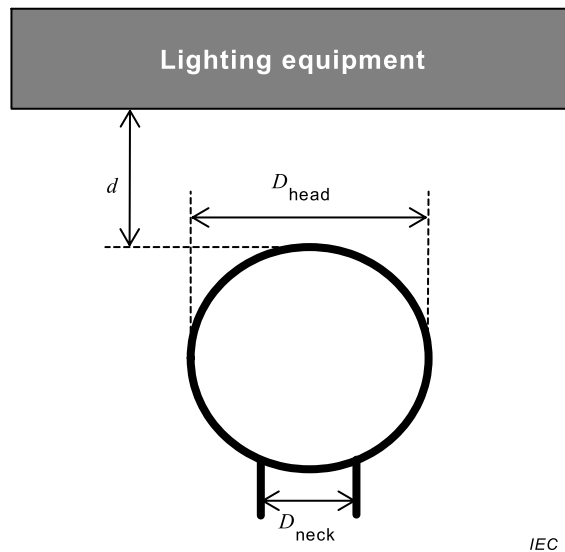


Figure D.6 – Distances of the head and measurement set-up

The parasitic capacitance between a large plate and a sphere can be calculated with the formulas from W.R. Smythe [5] (for the configuration see Figure D.6):

$$\alpha = \cosh^{-1} \left[2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad (\text{D.19})$$

$$C_{\text{Sphere_plate}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \cdot \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad (\text{D.20})$$

In most practical situations $N = 50$ is sufficient.

With $d = 0,3 \text{ m}$: $C_{\text{Sphere_plate}} = 3 \text{ pF}$ (see Figure D.7).

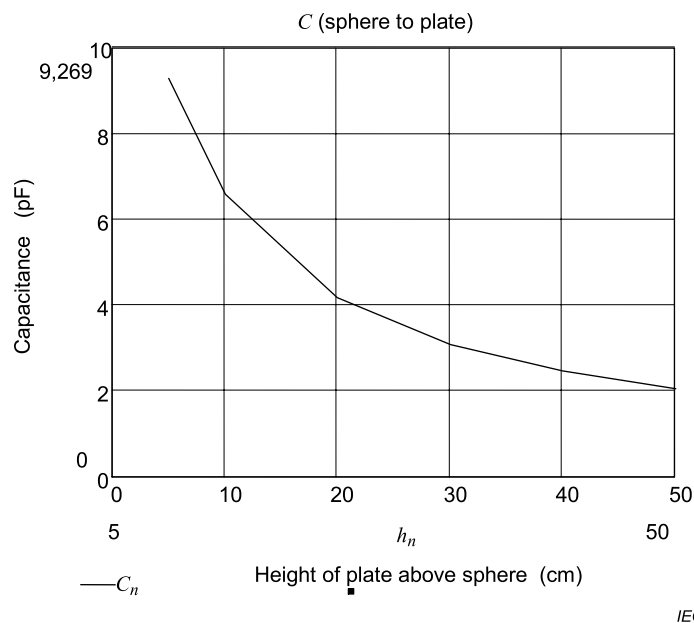


Figure D.7 – Plot of Equation (D.20)

The current density in the neck, caused by the mains can be calculated by Equation (D.21).

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = \frac{U_{\text{mains}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{mains}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{neck}}^2} = 661 \cdot 10^6 \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.21})$$

The resulting internal E-field in the neck can be calculated using Equation (D.8):

$$E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = 661 \cdot 10^6 \cdot \sigma(f_{\text{mains}}) \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.22})$$

Equation (D.22) is calculated using $\sigma(f_{\text{mains}}) = 0,09$ and different mains frequencies and mains voltages. The results are given in Table D.2.

Table D.2 – Calculation main contributions

U_{mains} V	f_{mains} Hz	$E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)$ at f_{mains} and $d = 0,3$ m $\mu\text{A}/\text{m}^2$	$E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})$ mA/m^2	$\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}$ at f_{mains} and $d = 0,3$ m
230	50	0,25	0,02	0,013
120	60	0,16	0,024	0,007
277	60	0,37	0,024	0,015

The calculation results, as depicted in the last column of Table D.2, show that the contribution of the mains can be neglected and Equation (D.18) can be simplified as:

$$\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.23})$$

The left term of this Equation (D.23) is equal to the factor F , see 3.1.4 and Equation (E.7).

D.2.3.3 The 20 kHz to 10 MHz contribution of the internal electric field due to the electric field

The contribution of the electric field to the internal electric field in the head in the frequency range 20 kHz to 10 MHz has to be measured with an EMI-receiver according to Figure 3 and Equation (D.23).

The frequency step of the summation is determined by using CISPR 16-1-1. According to CISPR 16-1-1, the IF-filter of the receiver has the transfer function of Equation (D.24):

$$H(f) := \left[\frac{2}{1 + \left(1 + j \cdot \frac{f}{B_6} \cdot 2\sqrt{2} \right)^2} \right]^2 \quad (\text{D.24})$$

The modulus of Equation (D.24) is expressed by Equation (D.25).

$$|H(f)| := \frac{1}{1 + \left(\frac{2f}{B_6} \right)^4} \quad (\text{D.25})$$

The frequency step for the amplitude addition is defined by Equation (D.26):

$$f_{\text{step_ampl}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad (\text{D.26})$$

Solving Equation (D.26) results in a frequency step for the amplitude addition that equals 1,11 times B_6 , see Table D.3.

Table D.3 – Frequency steps for the amplitude addition that equals 1,11 times B_6

Frequency range	B_6 according to CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_ampl}}$
20 kHz to 150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz to 10 MHz	9 kHz	10 kHz

Equation (D.23) can be rewritten as:

$$\sum_{\substack{f_i=20\text{kHz} \\ \text{Step}=220\text{Hz}}}^{150\text{kHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{\substack{f_i=150\text{kHz} \\ \text{Step}=10\text{kHz}}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.27})$$

A practical measurement and assessment method to evaluate Equation (D.27) is given in Annex E.

D.3 Thermal effects from 100 kHz to 300 GHz

D.3.1 General

The thermal effects are deemed to comply if the power of radiated emissions is ≤ 20 mW according to IEC 62479. In this Clause D.3 it will be shown that the power of the radiated emissions is much less than the 20 mW low-power limit from IEC 62479 for any lighting equipment that complies with international EMC standards such as CISPR 15. As an example, in this subclause, the contribution to the thermal effects will be calculated using the CISPR 15 emission limits.

The proof that the radiated power is ≤ 20 mW starts with Equation (D.28):

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \quad (\text{D.28})$$

The frequency step of the summation is determined by using CISPR 16-1-1 as explained in D.2.3.3.

The frequency step for the power addition can be defined by Equation (D.29):

$$f_{\text{step_power}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \cdot df \quad (\text{D.29})$$

Solving Equation (D.29) results in a frequency step for the power addition that equals 0,833 times B_6 , see Table D.4.

Table D.4 – Frequency steps for the power addition that equals 0,833 times B_6

Frequency range	B_6 according to CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_power}}$
100 kHz to 150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz to 30 MHz	9 kHz	7,5 kHz
30 MHz to 300 MHz	120 kHz	100 kHz

D.3.2 The 100 kHz to 30 MHz contribution to the thermal effects

The maximum terminal voltage (TV) of the conducted emission is set by CISPR 15. The radiated emission is maximum if this TV is caused by common-mode-current only and if the mains cord acts as a half wavelength dipole at any frequency. From a half wavelength dipole it is known that the impedance for radiation is 73Ω . From this the maximum radiated power in this frequency range can be calculated by using Equation (D.30).

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} I_{\text{cm}}^2(f_i) \cdot 73 \quad (\text{D.30})$$

where

$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz})$ is the maximum radiated power [W] between 100 kHz to 30 MHz;

$I_{\text{cm}}(f_i)$ is the common mode current [A] at frequency f_i .

By using Kirchhof's law, Equation (D.30) can be rewritten as:

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 + \sum_{f_i=150 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 \quad (\text{D.31})$$

Step=167 Hz Step=7,5 kHz

with

$TV_{\text{lim}}(f_i)$ is the terminal voltage limits according to CISPR 15 at frequency f_i .

Solving Equation (D.31) results in:

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) \leq 5,98 [\text{mW}]$$

This contribution is relatively small, and a similar small contribution may be expected if other EMC emission standards (other than CISPR 15) are taken as reference. It should be noted also that the model in this calculation is very conservative, as it assumes that the DUT and the mains cable behave as a half-wave dipole antenna at all frequencies between 100 kHz and 30 MHz. In reality, the DUT plus the cable is a very inefficient antenna with a radiation resistance that is much less than the radiation resistance from a matched half-wave dipole (see for instance Balanis [8] for the radiation resistance of small dipole antennas). Moreover, in this assessment a very conservative approach is taken, i.e. the unintended emission is present over the whole frequency range under consideration, and the emission-level is right at the limit at all these frequencies. This is very unlikely; in practice the unintended emission levels are near the limit only for a limited frequency range or even for just a few discrete spectral components. Also, it should be noted that a worst case way of summation is applied, because possible phase relationships which are present in the case of harmonics are not taken into account. Figure D.8 shows as an example on how the result of a conducted emission test may look like in practice.

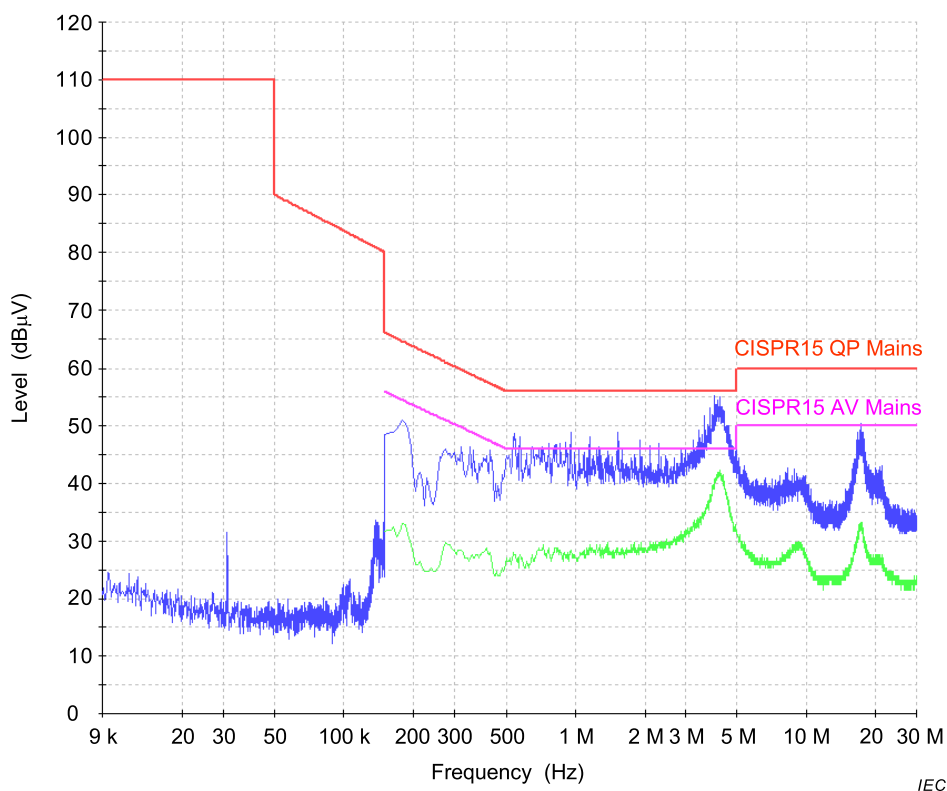


Figure D.8 – Example of the CM-current measured using a conducted emission test

Conclusion:

The thermal contribution $P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) \approx 0$ and can therefore be neglected.

D.3.3 The 30 MHz to 300 MHz contribution to the thermal effects

If, for example the lighting equipment complies with the radiated emissions requirements according to CISPR 15, then in the worst case, at any frequency the lighting equipment radiates as a half wave dipole. The maximum radiated power in the main direction of the field is given by Equation (D.32):

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) = \sum_{\substack{f_i = 30 \text{ MHz} \\ \text{Step}=100 \text{ kHz}}}^{300 \text{ MHz}} \left(\frac{r \cdot E_{\text{lim}}(f_i, r)}{7} \right)^2 \quad (\text{D.32})$$

where

$E_{\text{lim}}(f_i, r)$ is the limit of the E-field [V/m] at frequency f_i .

According to CISPR 15 the field strength limits are given in Table D.5:

Table D.5 – Field strength limits according to CISPR 15

Frequency range MHz	E_{lim} dBμV/m	E_{lim} μV/m	r m
30 to 230	30	31,6	10
230 to 1 000	37	70,8	10

Solving Equation (D.32) results in:

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) \leq 0,10 [\text{mW}]$$

Again, this contribution is very small, and a similar small contribution may be expected if other EMC emission standards (other than CISPR 15) are taken as reference. It should be noted also that the model in this calculation is very conservative, as it assumes that the DUT and the mains cable behave as a half-wave dipole antenna over this frequency range. In reality, the DUT plus the cable is a very inefficient antenna with a radiation resistance that is much less than the radiation resistance from a matched half-wave dipole (see for instance Balanis [8]). Moreover, in this assessment a very conservative approach is taken, i.e. the unintended emission is present over the whole frequency range under consideration, and the emission-level is right at the limit at all these frequencies. Again, this is very unlikely; in practice the unintended emission levels are near the limit only for a limited frequency range or even for just a few discrete spectral components. Also, it should be noted that a worst case way of summation is applied, because possible phase relationships which are present in the case of harmonics are not taken into account.

Conclusion:

The thermal contribution $P_{\text{rad,max}}$ between 30 MHz and 300 MHz is about 0 and can therefore be neglected.

D.3.4 Overall conclusion for the contribution to thermal effects

The thermal contribution in the range from 100 kHz to 300 MHz is negligible, and therefore it is deemed to comply with the thermal effects requirements according to ICNIRP and IEEE if the lighting equipment does not include intentional radiators. In case the lighting equipment includes intentional radiators, then an additional compliance criterion applies. See Annex I and Clause 4 and Clause 7 for details.

Annex E (normative)

Practical internal electric-field measurement and assessment method

E.1 Measurement of induced internal electric field

The internal electric field has to be measured from 20 kHz to 10 MHz according to Clause 5.

This Annex E describes an example based on an EMI receiver that generates output data in a matrix (spread sheet) where the frequency (MHz) is stored in column 0 and the measured voltage (dB μ V) in column 1. This data output has to be processed by the calculation program of Clause E.2.

E.2 Calculation program

The measured data is a matrix with the frequency f_n (MHz) stored in column 0 and the measured voltage $V(f_n)$ (dB μ V) in column 1.

The measured voltage $V(f_n)$ (dB μ V) of column 1 has to be transferred into $V(f_n)$ (V), using Equation (E.1).

$$V(f_n)[V] = 10^{\frac{V(f_n)[\text{dB}\mu\text{B}]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad (\text{E.1})$$

The voltage $V(f_n)$ (V) has to be transferred into a current $I_{\text{cap}}(f_n)$ (A), using the transfer function $g(f_n)$ (V/A), determined by the protection network of 5.4, given in Equation (E.2)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{cap}}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad (\text{E.2})$$

The current density $J_{\text{cap}}(f_n)$ (A/m²) is given by Equation (E.3)

$$J_{\text{cap}}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{\text{neck}}} \quad (\text{E.3})$$

where

$$A_{\text{neck}} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2$$

The measured current density $J_{\text{cap}}(f_n)$ can be expressed in terms of internal electric field:

$$E_{\text{cap}}(f_n) = \frac{V(f_n)}{\sigma(f_n) \cdot g(f_n) \cdot A_{\text{neck}}} \quad (\text{E.4})$$

where the values for the conductivity $\sigma(f_n)$ as function of the frequency can be calculated by using the following Equation (E.5)

$$\sigma(f_n) = a \cdot (f_n \cdot 10^6)^b + c \quad (\text{E.5})$$

where $a = 3,629 \cdot 10^{-5}$, $b = 0,528\ 3$ and $c = 0,108\ 7$.

Equation (E.5) gives an approximation of the values between 10 kHz and 10 MHz given in Table E.1.

Table E.1 – Conductivity as a function of frequency (see Table C.1 of IEC 62311:2007)

Frequency	Conductivity S/m						
	10 Hz	100 Hz	1 000 Hz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
Brain (grey matter)	0,03	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,29

The induced electric field $E_{\text{cap}}(f_n)$ has to be rated with the limit value $E_{\text{Lim}}(f_n)$ and has to be summated to determine the factor F , as given by Equation (E.6)

$$F = \sum_{f=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_n)}{E_{\text{Lim}}(f_n)} \quad (\text{E.6})$$

where

$$E_{\text{Lim}}(f_n) = 1,35 \cdot 10^2 \cdot f_n \text{ and } f_n \text{ in MHz}$$

Step size is defined in Table 2.

E.3 Compliance criterion for the Van der Hoofden head test

With the results from the conservative estimations presented in Annex D, the summed relative internal electric field resulting from the four terms of Equation (D.4) can be summarized as follows:

(D.4.a) Subclauses D.2.2.1 and D.2.2.2 negligible	+	(D.4.b) Subclause D.2.2.3 negligible	+	(D.4.c) Subclause D.2.3.2 negligible	+	(D.4.d) Subclause D.2.3.3 and Annex E F to be measured using the Van der Hoofden head	≤	(D.4) 1	(E.7)
---	---	---	---	---	---	--	---	----------------	-------

When filling out the result F of the Van der Hoofden test, Equation (E.7) reduces to the following compliance criterion:

The measured, weighted and summarized induced internal electric field compliance factor F due to the external electric field in the frequency range 20 kHz to 10 MHz shall not exceed the value of 1; see Equation (E.8).

$$F \leq 1 \quad (\text{E.8})$$

NOTE An additional compliance criterion might be applicable in case the equipment contains intentional radiators (see Annex I and Clause 4 and 7 for details).

Annex F (normative)

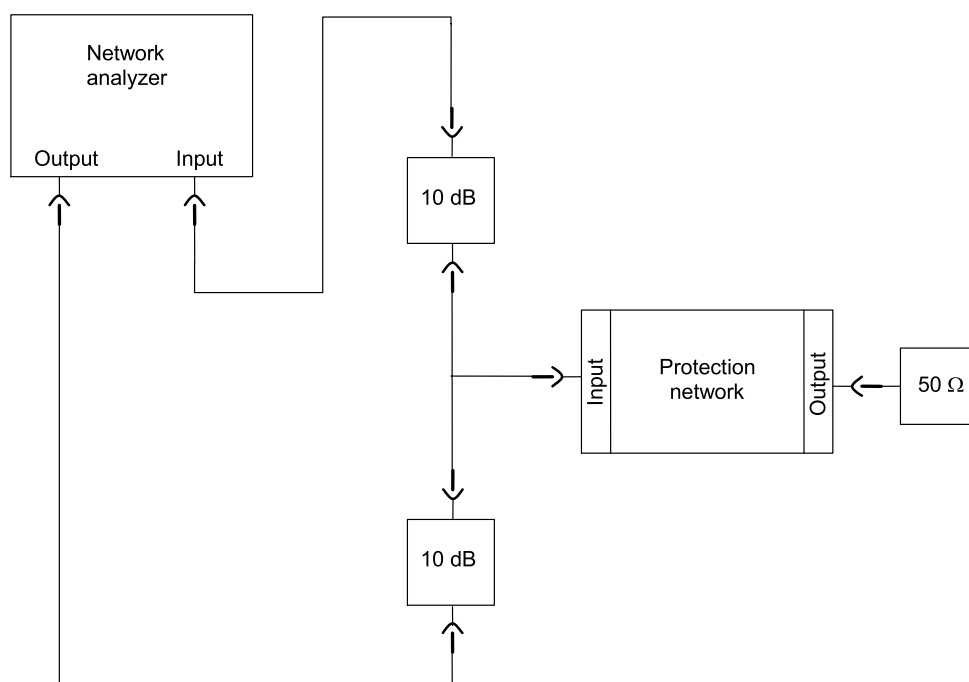
Protection network

F.1 Calibration of the protection network

The calibration shall be done in a similar way to the calibration of an artificial mains network (V-Network) as described in CISPR 16-1-2 [10].

The input and output port of the protection network are not matched to the $50\ \Omega$ characteristic impedance of the network analyser (NWA). Because of that property the calibration shall be done in the following two steps:

Step 1:

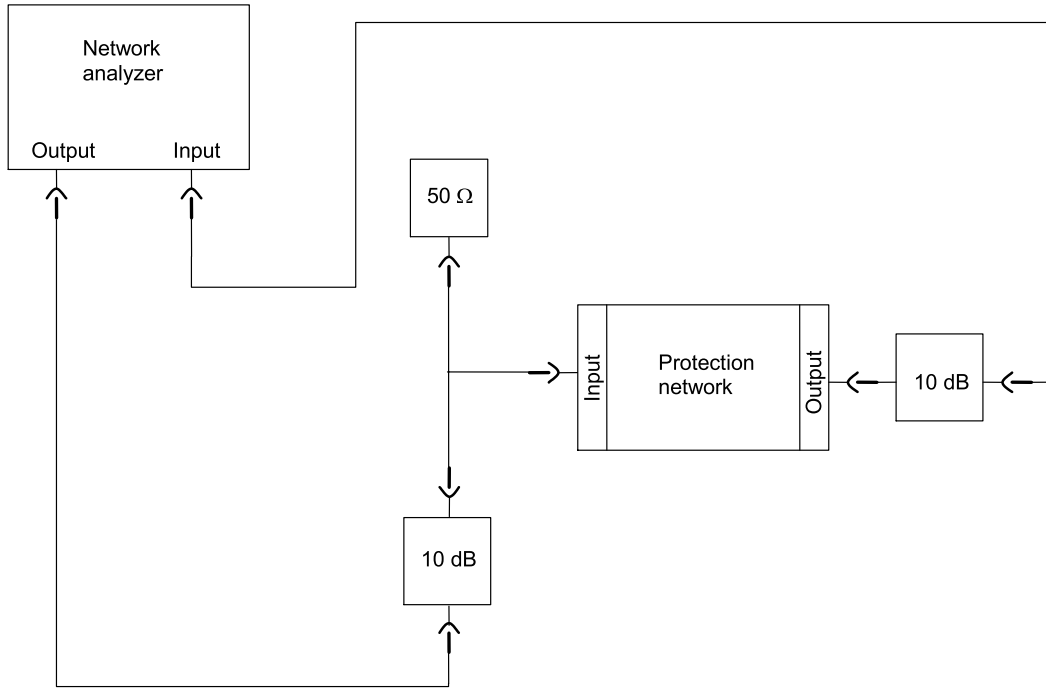


IEC

Figure F.1 – Test set-up for normalization of the network analyser

After the network analyser is calibrated with the test set-up shown in Figure F.1, the circuit has to be changed into the new configuration shown in Figure F.2.

Step 2:



IEC

Figure F.2 – Test set-up for measurement of the voltage division factor using a network analyser

After the transfer function is measured with the network analyser, it has to be compared with the theoretical characteristic.

F.2 Calculation of the theoretical characteristic of the protection network

The transfer function given in Equation (1) in 5.5 cannot be used for the calibration. Therefore the calculation of the theoretical characteristic is given here.

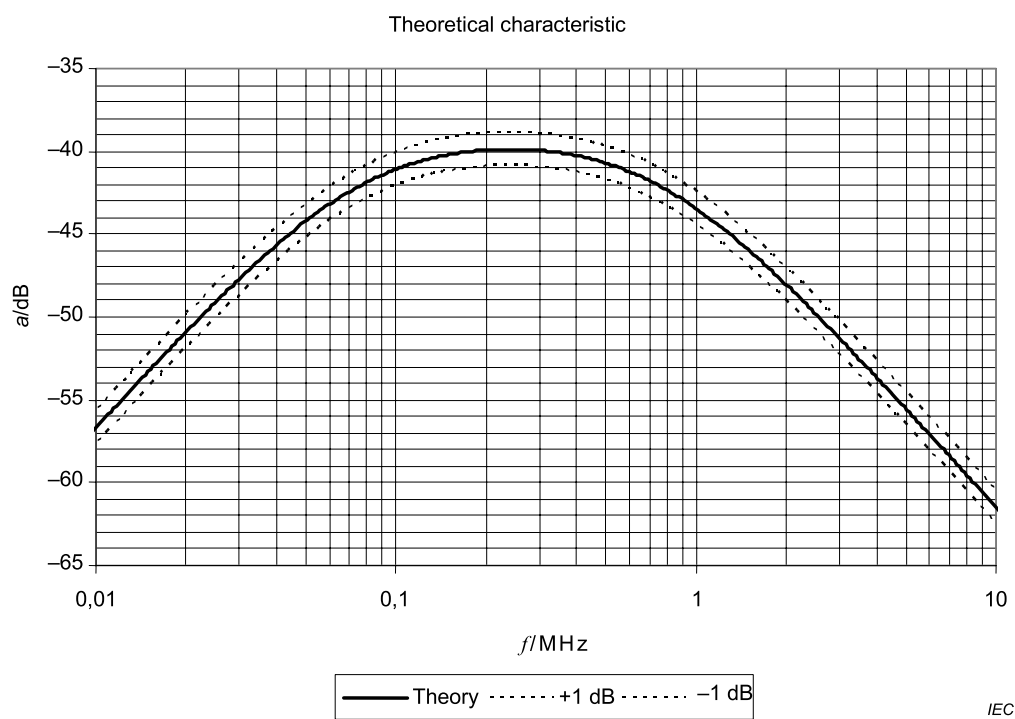
The theoretical transfer function (see Figure F.3) of the protection network for calibration with a network analyser is given by Equation (F.1). All values except the R_{NWA} (the input impedance R_{NWA} of the network analyser is typically 50 Ω) can be taken from Figure 2.

$$a(f) = 20 \cdot \log \left(\frac{|V_{out}(f)|}{|V_{in}(f)|} \right) \quad (F.1)$$

$$R_{2NWA} = R_2 + R_{NWA} \quad (F.2)$$

$$|V_{out}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2} \quad (F.3)$$

$$|V_{in}(f)| = \sqrt{\left(\left(R_1 + \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2 \right)} \quad (F.4)$$



The maximum allowed deviation in the picture is set to ± 1 dB.

**Figure F.3 – Calculated theoretical characteristic
for the calibration of the protection network**

Annex G (informative)

Measurement instrumentation uncertainty

The main uncertainty components for the measured voltage at the output terminal of the protection network have been identified and estimated. All assumptions made are documented in Table G.2 and referenced as notes in the actual uncertainty calculation Table G.1.

The measured voltage V is calculated to:

$$V = V_r + L_c + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta l \quad (G1)$$

Table G.1 – Uncertainty calculation for the measurement method described in Clauses 5 and 6 in the frequency range from 20 kHz to 10 MHz

Input quantity ^a	X_i	Uncertainty of x_i		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	Probability distribution function	dB		dB
Receiver reading (1)	V_r	$\pm 0,1$	$k = 1$	0,10	1	0,10
Attenuation: Protection network – receiver (2)	L_c	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05	1	0,05
Receiver corrections:						
Sine wave voltage (3)	δV_{sw}	$\pm 1,0$	$k = 2$	0,50	1	0,50
Pulse amplitude response (4)	δV_{pa}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	1	0,00
Pulse repetition rate response (5)	δV_{pr}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	1	0,00
Noise floor proximity (6)	δV_{nf}	$\pm 0,0$		0,00	1	0,00
Mismatch: Protection network – receiver (7)	δM	$\pm 0,085$	U-shaped	0,06	1	0,06
Transfer function protection network (8)	δg	$\pm 1,0$	Rectangular	0,50	1	0,58
Distance between test-head and DUT (9)	δD	−0,367 / +0,352	$k = 1$	0,36	1	0,36
Diameter of the test-head (10)	δd	−0,423 / +0,365	$k = 1$	0,39	1	0,39
Length of the ordinary cable (11)	δl	$\pm 0,0$		0,00		0,00
Combined measurement uncertainty: u_c =					0,94 dB	
Expanded measurement uncertainty: $2 u_c$ (V) =					$\pm 1,88$ dB	
^a The numbers in brackets refer to the comments listed in Table G.2.						

Table G.2 – Comments and information to Table G.1

Comments	Reference to Clause A.5 of CISPR 16-4-2:2003 [11]	Used data for calculations/statement
1) Random fluctuation of receiver reading	Note 1	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
2) Uncertainty of the cable loss measurement	Note 2	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
3) Uncertainty of the receiver sine wave correction	Note 4	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
4) Uncertainty of the receiver pulse amplitude response correction	–	Because there are only sine wave signals and their harmonics, the pulse amplitude response can be neglected.
5) Uncertainty of the receiver pulse repetition rate response correction	–	Because there are only sine wave signals and their harmonics, the pulse amplitude response can be neglected.
6) Uncertainty of the receiver noise floor influence	Note 6	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
7) Uncertainty of the mismatch between receiver and protection network	Note 7	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
8) Transfer function tolerance of the protection network. Specified as ± 1 dB of the theoretical curve.	–	–
9) Uncertainty due to the tolerance in the distance between the test head and the device under test (DUT)	–	6.3 Measurement distance
10) Uncertainty of the production tolerance test head	–	5.5 Measurement equipment requirements
11) Uncertainty of the cable length can be neglected	–	An experiment showed, that the mistake between 0,2 m and 2,5 m is less than 0,8 %. According to 6.4 (measurement set-up) the length of the cable (0,3 m) can vary $\pm 0,03$ m. Because of that specification the mistake should be less than 0,2 %.

Annex H (informative)

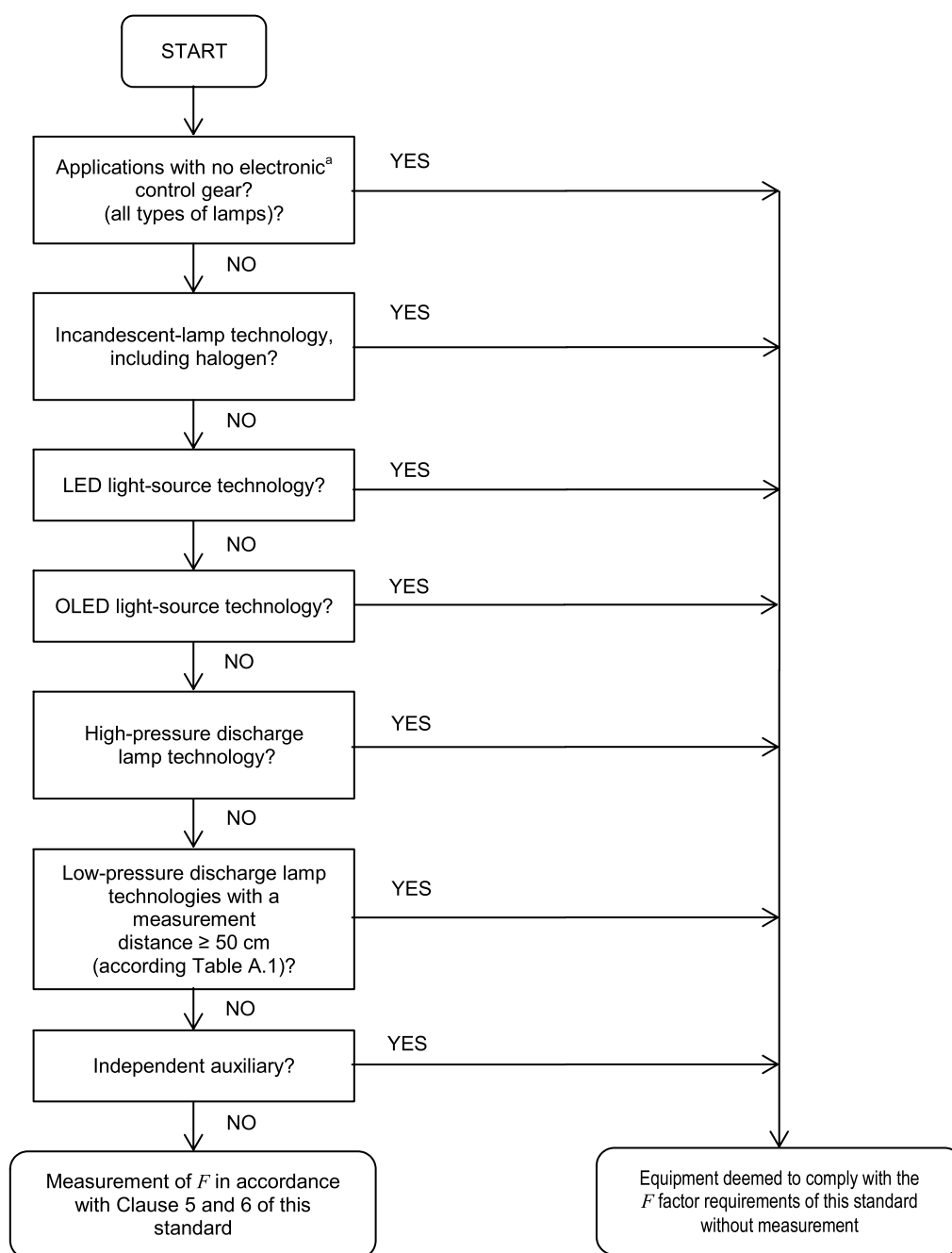
Equipment deemed to comply

In Germany an EMF measurement campaign of a large sample of lighting equipment has been executed with the Van der Hoofden head test. The factor F has been measured in accordance with the previous edition of this standard. The results have been reported in IEC TR 62493-1 [7]. The results show that out of 161 measured luminaires with different lamp technologies no luminaire was above the limit. Moreover, for the majority of the lighting equipment, the factor F measured is just a few percent of the limit value. From the retrospective analysis in IEC TR 62493-1 [7], it is obvious that the low values of F can be predicted quite well from the physical properties and technologies of the equipment.

There is only one dominating effect on the result of the compliance factor F , i.e. the capacitive coupling between the lamp driven in the audio frequency range and the Van der Hoofden head. For a given distance and geometry, as given in the measurement setup, the signal is proportional to the lamp voltage and increases with the lamp dimension. When a fixture with a large lamp passes with considerable margin to the limit, then any lamp, which is smaller or which has a lower operating voltage will have even higher margin to the limit. All similar constructions will show similar results. All lighting applications with small lamps like LED, OLED, halogen or HID have proven to be far away from the limit.

Hence, unnecessary testing of lighting equipment can be avoided provided that certain physical or technology properties of the equipment are known upfront. The flow chart in Figure H.1 can be applied to determine whether certain categories of lighting equipment is deemed to comply without testing.

For technologies or applications not mentioned in Figure H.1 it is recommended to determine the compliance factor F .



^a All kind of igniters, starters, switches, dimmers (including phase control units e.g. triac, GTO) and sensors are not considered as electronic controlgear

Figure H.1 – Flow chart to determine applicability deemed to comply without F factor measurement

Annex I (informative)

Intentional radiators

I.1 General

As more lighting equipment might be equipped with intentional radio-frequency radiators, the EMF exposure assessment should take into account intentional RF sources as well (see 4.3 and Clause 7). This annex addresses the options and issues associated with the EMF assessment of intentional radiators in lighting equipment.

I.2 Intentional radiators in lighting equipment

Intentional radiating sources that might be applied in lighting equipment may be used for controlling and/or sensing purposes. Such wireless sources apply frequency ranges that are generally above 30 MHz and below 3 GHz. Table I.1 gives an overview of wireless technologies that could be applied in lighting systems. Also the basic properties such as frequency range, maximum radiated power and duty cycles are given.

EXAMPLE Zigbee and several proprietary wireless systems are used in the ISM frequency band 433 MHz, 2.4 GHz (worldwide), 915 MHz (Americas and Australia) and 868 MHz (Europe) ISM bands.

From Table I.1 we see that different ways of specifying total radiated power may be used. EIRP is the equivalent isotropically radiated power which is the product of the input power P of an antenna and the maximum antenna gain G , whereas ERP is the effective radiated power, which is the EIRP divided by the gain of an isotropic antenna.

The maximum radiated RF power is an important parameter for exposure assessment.

I.3 Properties of antennas in lighting applications

Antennas installed in lighting applications are typically low-gain antennas. It is often a dipole-type of antenna integrated in a luminaire near a ceiling (Figure I.1a)), which can be considered as an antenna near a conductive ground plane (Figure I.1b)) or a monopole on a ground plane. Hence, effectively the antenna behaves approximately as a dipole antenna. A dipole antenna has a doughnut-shaped omni-directional radiation pattern and a maximum gain G of 1,64 (Figure I.2 a) and b)). Due to ground-plane effects, the gain may increase up to a value of approximately G equals 4. Figure I.2 gives an example of the field distribution of a dipole in free space and a dipole at a certain distance from the ceiling, which is modelled as a perfectly conducting ground plane. The model applies the analytical formulas for a dipole and its image [I.5]. The result shows an increase of the field level in certain directions and the occurrence of lobes, depending on the orientation of the dipole.

The exposure distance for different types of lamps ranges from 0,05 m up to 2 m (Table A.1). The frequency range of wireless technologies applied in lighting equipment is in the range from 300 MHz to 3 GHz. Hence the wavelength λ varies from 1 m to 0,1 m.

For non-directional (dipole-type) of antennas, the far-field region where the field decays with $1/d$ is reached at a distance d from the antenna, which satisfies

$$d > d_{nf-ff} = \lambda / 2\pi \quad (I.1)$$

Table I.1 – Overview of wireless radio technologies that might be applied in lighting systems

Wireless technology name (standard)	Standard	Freq. band	Max power dBm	Max power ^a mW	Duty cycle ^b
ISM-band 2,4 GHz	Radio regulation ITU-R	2,4 GHz to 2,5 GHz	30 dBm (US) 20 dBm (Europe)	1 W (US) 100 mW (Europe)	n.a.
W-PAN Zigbee	IEEE 802.15.4-2006 application RF4CE	2 402 MHz to 2 480 MHz	0 dBm to 20 dBm	1 mW to 100 mW	varying typical 1 % to 5 %
W-PAN Bluetooth 4.0 (802.15.1)	Class I	2 402 MHz to 2 480 MHz	20 dBm	100 mW 76 mW average	76 % ^c
	Class II	2 402 MHz to 2 480 MHz	4 dBm to 10 dBm	2,5 mW to 10 mW 1,9 mW average	76 %
	Class III	2 402 MHz to 2 480 MHz	0 dBm	1 mW 0,76 mW average	76 %
	BTLE (Low Energy)	2 402 MHz to 2 480 MHz	10 dBm	10 mW	76 %
W-LAN	IEEE 802.11	2,45 GHz ISM 2 400 MHz to 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11b (indoor/outdoor)	2,45 GHz ISM 2 400 MHz to 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11a	5 150 MHz to 5725 MHz (Europe)	16 dBm, 23 dBm, 29 dBm with 6 dBi		
		5 150 MHz to 5825 MHz (USA)			
		indoor 5,25 GHz	23 dBm (EIRP)	200 mW (EIRP)	100 %
		indoor/outdoor 5,6 GHz	30 dBm (EIRP)	1000 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11g	2,45 GHz 2 400 MHz to 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11n	2,45 GHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
KNX-RF	EN50090-5-3	868,0 MHz to 870,0 MHz	10 dBm 14 dBm max	10 mW 25 mW max	1 %
^a Maximum power is the average value determined as specified in 5.7.3 of ETSI EN 300 328:2006 [I.3]; this ETSI standard requires to determine the EIRP as if the duty cycle were 100 %. ^b The actual duty cycle may be less. ^c Ratio of actual transmitted time-averaged power to the maximum power is maximal 0,76 [I.4]					

Hence for the above-mentioned frequency range, the near-field to far-field transition distance, ranges from approximately 1/6 m to 1/60 m.

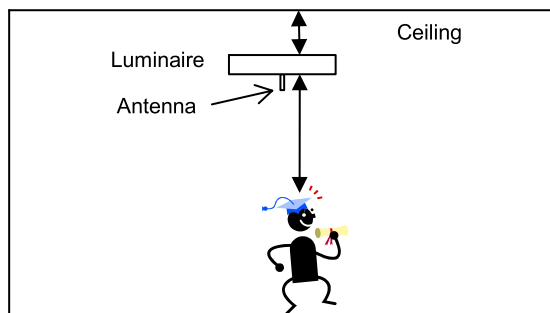
In the far-field region, the electric field E can be calculated using the following formula:

$$E(d) = \frac{\sqrt{30PG}}{d} \quad (\text{I.2})$$

where, P is the power fed into the antenna, and G is the gain of the antenna.

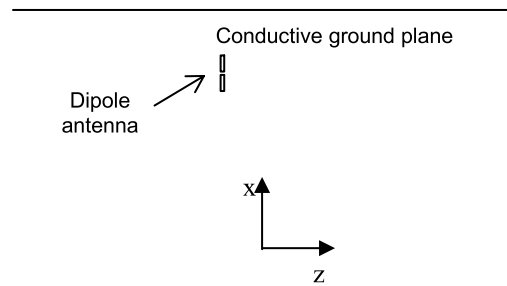
Figure I.3 gives an example of the field resulting from the analytical formula for a dipole in free-space [I.5], compared with the far-field approximation of Equation (I.2). Introducing this into the far-field condition of Equation (I.1) for this example gives d_{nf-ff} (433 MHz) = 0,11 m.

Figure I.4 shows the electric field resulting from a radiating antenna with three levels of input power and for two typical gain values. From the results we see that distance, power and antenna gain are important parameters that determine the exposure level. Figure I.4 also gives the near-field far-field boundary at the lowest frequency. It can be concluded that for the range of frequencies considered for intentional radiators (300 MHz to 3 GHz), and for the majority of exposure distance of interest (0,3 m to 2 m) always the far-field equations can be applied. For the exposure distance of 0,05 m (hand lamps), the near-field effects should be taken into account (Figure I.3). When looking at the impact of various power levels one can see that an input power of 20 mW always gives field levels well below the ICNIRP 1998 worst-case reference of 28 V/m. Also for an input power of 200 mW the reference level for the general public is not exceeded if the exposure distance is larger than approximately 0,2 m.



IEC

a) Exposure situation



IEC

b) Model

Figure I.1 – Luminaire with a transmitting antenna in a room

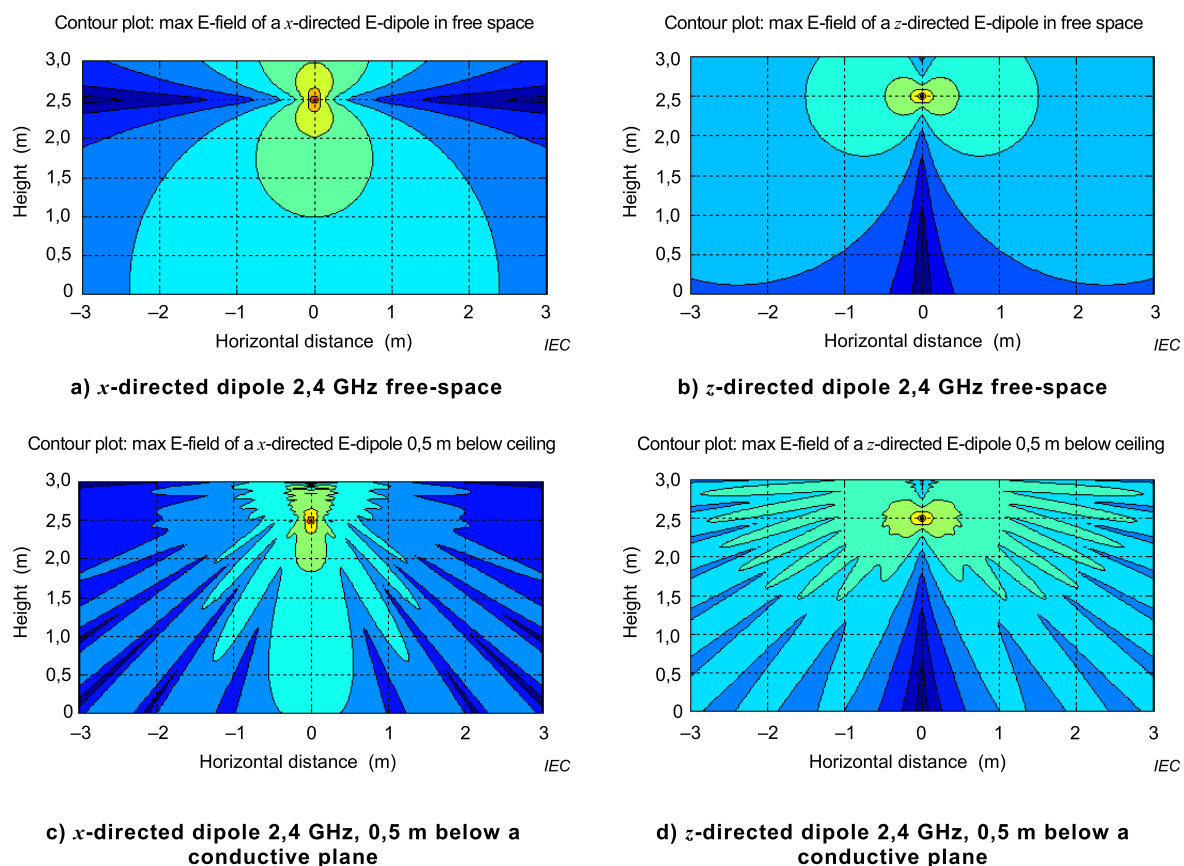
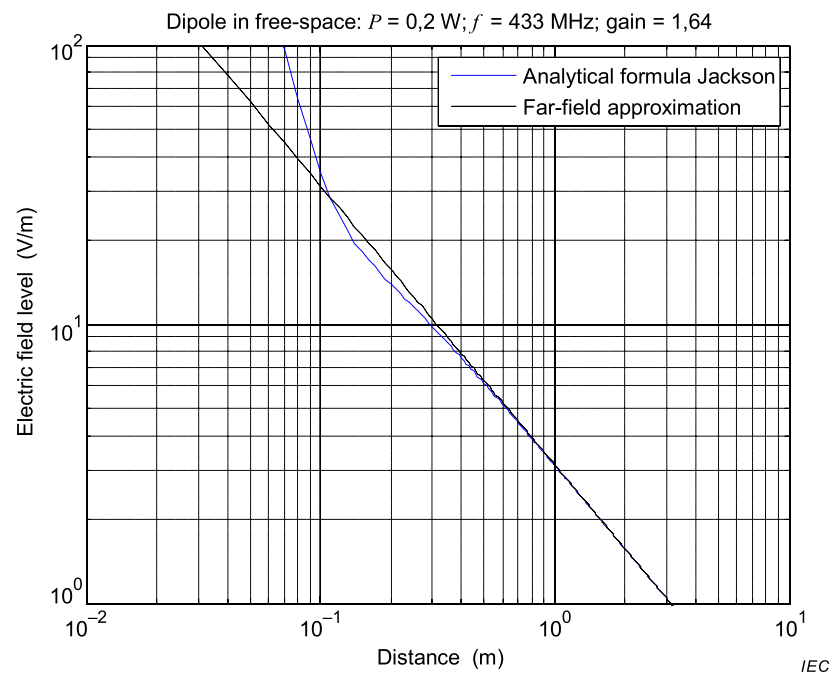
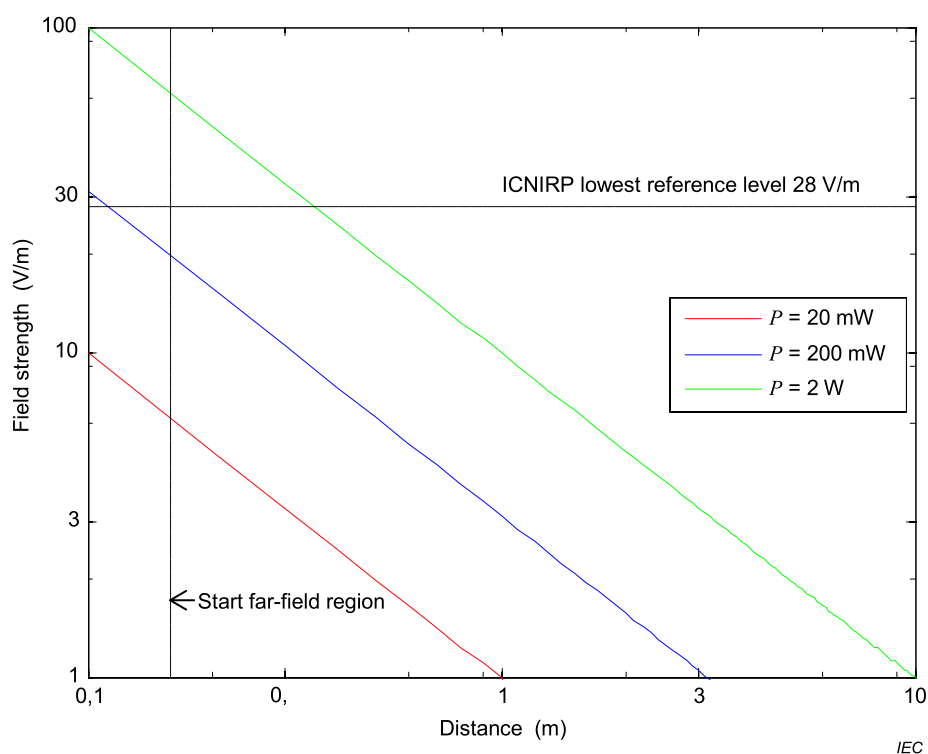


Figure I.2 – Impact of a conducting ceiling/plane

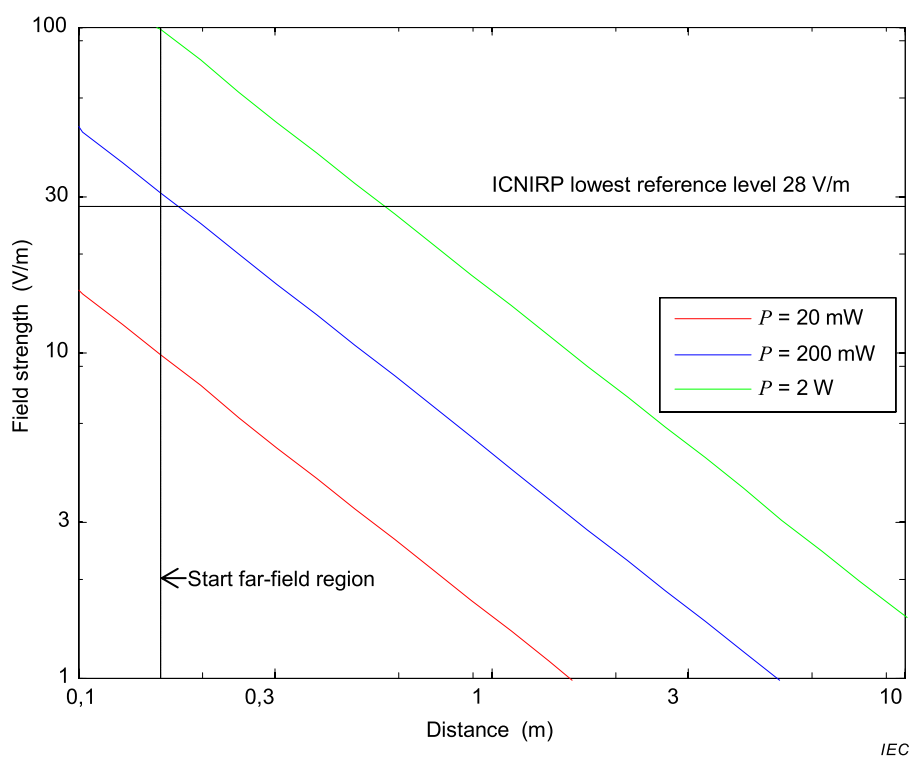
Hence, for the type of wireless technologies with intentional radiators mentioned in Table I.1, and based on an assessment using the worst-case ICNIRP reference level one may conclude that intentional radiators in lighting applications are compliant with the exposure requirements (reference levels) if the total maximum power fed into the antenna is less than 200 mW. It should be noted that these considerations are based on the application of reference levels, which are generally more conservative than basic restrictions [I.6][I.7][1].



**Figure I.3 – Electric field of a small electrical dipole:
analytical formula vs far-field approximation**



a) Antenna gain = 1,64



b) Antenna gain = 4

Figure I.4 – Electric field as a function of distance, antenna gain and input power (far-field approximation)

I.4 Exposure assessment approach

I.4.1 General

In general, an EMF assessment can be done by using either basic restrictions (BRs) or reference-levels/action-levels. In Clause I.3, a general assessment against reference-level has been discussed. An alternative and convenient assessment approach is based on determination of the total average radiated power of the intentional radiator. This so called 'low-power exclusion approach' is specified in IEC 62479. In this approach low-power exclusion levels are specified. If the actual total averaged (6 min) power at the input of an intentional transmitter $P_{\text{int,rad}}$ is below the exclusion level P_{max} , then the product complies by design without further testing.

$$P_{\text{int,rad}} < P_{\text{max}} \quad (\text{I.3})$$

It can, for instance be easily derived from the 2 W/kg SAR basic restriction that applies for the head in both ICNIRP1998 and in IEEE C95.1-2005 in a 10 g voxel (volumetric pixel) of tissue. From this one can directly derive that a RF source of 20 mW just complies with this BR if all this power would be dissipated in this single voxel, which is very unlikely. Hence, the 20 mW low power approach is a convenient (but very conservative) approach, because one has simply to check the total radiated output power of a source.

I.4.2 Determination of average total radiated power $P_{\text{int,rad}}$

From Table I.1 one can see that some wireless transmitters radiate much less power than 20 mW, while others radiate more. For the low-power exclusion approach now we have to calculate the 6 min-average power transmitted by the intentional radiator.

When calculating the average total radiated power $P_{\text{int,rad}}$, one has to consider the maximum duty cycle of the intentional transmitted signal. The SAR-limit and the associated low-power exclusion level are based on a 6 min time averaging. If the intentional transmitted signals are time-limited e.g. pulsed continuously, then the power during the on-time of the signal can be much higher.

The average power can be calculated as follows:

$$P_{\text{int,rad}} = P_{\text{pulse}} \cdot D_{\text{c}} \quad (\text{I.4})$$

where

$P_{\text{int,rad}}$ is the average power transmitted by the intentional transmitter,

P_{pulse} is the power transmitted by the intentional transmitter during the pulse (on time),

D_{c} is the duty cycle of the signal from the intentional transmitter, which is the product of the pulse duration T_{pulse} and the pulse repetition frequency PRF, i.e.

$$D_{\text{c}} = \text{PRF} \cdot T_{\text{pulse}} = T_{\text{pulse}} / T_{\text{rep}} . \text{ See Figure I.5.}$$

When applying this equation, one should be certain on how the transmit power of the wireless technology is defined (see Table I.1).

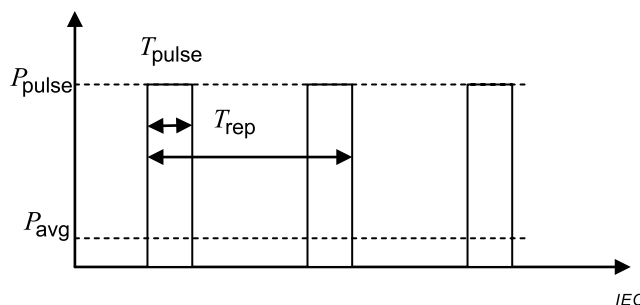


Figure I.5 – Impact of pulsed signals on the average exposure

EXAMPLE 1 Suppose the maximum transmitted power of a Zigbee signal is 5 mW, and the duty cycle is 5 % (see Table I.1). The maximum transmitted power corresponds to 100 % duty in conformance with ETSI EN 300-328. The average transmitted power in accordance with Equation (I.4) is then 0,25 mW.

EXAMPLE 2 WiFi has a theoretical duty cycle of 100 %. However the actual duty cycle of WiFi depends on many factors, and the 100 % level is truly exceptional [I.8]. As a result, the actual exposure levels are approximately a factor 1 000 smaller than what would be expected from modelling based on 100 % duty cycle. See Table 2 of [I.8].

I.4.3 Determination of the low-power exclusion level $P_{\max}$

The basic EMF standard IEC 62479 gives low-power exclusion levels $P_{\max}$ based on the various basic restrictions that apply and the various categories of exposed humans (general public, occupational). See Table A.1 of IEC 62479:2010. For instance for ICNIRP 1998, general public exposure, the worst case low-power exclusion level is 20 mW for head and trunk. Compared with the possible power levels radiated by wireless sources (Table I.1), at first sight it seems that 20 mW-exclusion level of Equation (I.3) seems a very low value. For instance in case of a WiFi source, no compliance can be demonstrated by applying this low-power exclusion level, because the radiated power of a WiFi source may be between 100 mW and 1 000 mW, which is much larger than the 20 mW-exclusion level. However, there are methods to increase the low-power exclusion levels significantly. The methods to derive alternative (higher) low-power exclusion levels are given in the basic EMF standard IEC 62479.

It is readily seen from the field calculations presented in Figure I.3 that the field strength decays with $1/d$, and that for larger exposure distances it becomes extremely improbable that the 20 mW power from a transmitter is captured by a single voxel of 10 g. Also in the basic EMF standard IEC 62479, alternative low-power exclusion levels have been derived as a function of exposure distance and as a function of antenna type and wireless technology.

A more accurate/specific relaxation formula can be derived by applying the SAR-estimation formulas derived in [I.10]. In this paper, the SAR-estimation formula is derived with antenna properties, distance and frequency as parameters. Annex B of the basic EMF standard IEC 62479:2010 gives the calculation method for alternative low-power exclusion levels as a function of distances and antenna type for exposure distances between 0,05 m and 0,25 m. These alternative values are based on studies by Ali et al. [I.9]. Figures 3 and 4 of [I.9] show some results as a function of frequency and for different types of antennas. For example, at 900 MHz, for different types of antennas, one can apply safely a low-power exclusion level of 150 mW at a distance of 0,25 m. This is a relaxation of a factor 7,5.

EXAMPLE For WiFi technology, Table B.1 of IEC 62479:2010 gives the following alternative exclusion levels for an averaging mass of 10 g:

- distance 0,05 m: $P_{\text{alt}} = 32 \text{ mW}$
- distance 0,25 m: $P_{\text{alt}} = 328 \text{ mW}$.

I.5 Multiple transmitters in a luminaire

The way of adding power depends on the type of source. IEC TR 62630 is a technical report which gives guidance on how to evaluate exposure from multiple sources. In case of k correlated sources, the upper bound of the SAR is determined by (see 6.5.2.22 of IEC TR 62630 [I.11]):

$$SAR_{\text{tot}} \leq \left(\sum_{k=1}^N \sqrt{SAR_k} \right)^2 \quad (\text{I.5})$$

In case of lighting equipment with multiple intentional radiators, the contributions from the individual intentional transmitters are generally not correlated and therefore the SAR or power densities of the k individual sources are added in a linear way as explained in 6.4 of IEC TR 62630 [I.11]:

$$SAR_{\text{tot}} = \sum_{k=1}^N SAR_k \quad (\text{I.6})$$

As SAR is directly linked with the low-power exclusion levels, also the linear summation applies for the total power of the k individual uncorrelated sources. Hence, the total radiated power of all the intentional radiating sources must be added in a linear way relative to each of the low-power exclusion levels applicable for that wireless technology (frequency, antenna). The low-power exclusion compliance criterion of Equation (I.3) then becomes for a total of N uncorrelated transmitters:

$$\sum_{k=1}^N \frac{P_{\text{rad}}^k}{P_{\text{max}}^k} < 1 \quad (\text{I.7})$$

In Annex D it has been shown that the total power emitted by the unintended radiated emission in the frequency range from 100 kHz up to 300 MHz is negligible. Therefore, the contribution of the unintended radiation can be ignored in Equation (I.7).

I.6 Exposure to multiple luminaires

The EMF exposure assessment is limited to a single luminaire. Multiple luminaires are not addressed. Reasons are:

- EMF product standards always apply for a single product, not for an installation;
- close to a luminaire (e.g. 0,3 m) the contribution from this luminaire is dominant; this can be demonstrated by modelling;
- it should be noted that the additional gain due to installation of a single luminaire is taken into account.

I.7 References in Annex I

- [I.1] KNX Association: www.knx.org.
- [I.2] ZigBee Alliance: www.zigbee.org.
- [I.3] ETSI EN 300-328:2006-10, V1.7.1, *Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive*
- [I.4] ITIS Report, *Development of procedures for the assessment of human exposure to EMF from wireless devices in home and office environments*, 2005-01-29.
- [I.5] J.D. Jackson, *Classical electrodynamics*, 3rd edition, ISBN 0-471-30932-x.
- [I.6] E. Piuze et al, *Analysis of adult and child exposure to uniform plane waves at mobile communication systems frequencies (900 MHz – 3 GHz)*, IEEE Transactions on EMC, vol. 53, no. 1, Feb. 2011.
- [I.7] E. Conil, *Variability analysis of SAR from 20 MHz to 2.4 GHz for different adult and child models using finite-difference time domain*, Physics in Medicine and Biology, vol 53 (2008), pp. 1511-1525.
- [I.8] K.R. Foster, *Radiofrequency exposure from wireless LANS utilizing WiFi technology*, Health Physics, 2007, pp. 280.
- [I.9] M. Ali et al, *Threshold power of canonical antennas for inducing SAR at compliance limits in the 300-3 000 MHz frequency range*, IEEE Transactions on EMC, vol. 49, no. 1, Feb. 2007.
- [I.10] M. Gosselin et al, *Estimation formulas for the specific absorption rate in humans exposed to base-station antennas*, IEEE Transactions on EMC, vol. 53, no. 4, Nov. 2011.

[I.11] IEC/TR 62630:2010-03, *Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources*

Bibliography

- [1] ICNIRP 1998, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, Health Physics , 1998, vol. 41, no. 4, pp 449_522
- [2] ICNIRP 2010, *Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)*, Health Physics, December 2010, volume 99, no. 6, pp.818.
- [3] IEEE C95.1:2005, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*
- [4] IEEE C95.6:2002, *IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz*
- [5] SMYTHE, W.R. *Static and Dynamic Electricity*. McGraw-Hill, 1950
- [6] IEC 61786:1998, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements*
- [7] IEC TR 62493-1, *Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields. Part 1: Results of the EMF measurement campaign from the VDE Test and Certification Institute and ZVEI, the German Electrical and Electronic Manufacturers' Association*
- [8] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2nd Edition
- [9] CISPR 15:2013, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment*
- [10] CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment, conducted disturbances*
- [11] CISPR 16-4-2:2003², *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*
- [12] IEC 62226-2-1:2004, *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 2-1: Exposure to magnetic fields – 2D models*

² First edition. This edition has been replaced by CISPR 16-4-2:2011 and CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	70
INTRODUCTION	72
1 Domaine d'application	73
2 Références normatives	73
3 Termes, définitions, grandeurs physiques, unités et abréviations	74
3.1 Termes et définitions	74
3.2 Grandeurs physiques et unités	77
3.3 Abréviations	77
4 Limites	78
4.1 Généralités	78
4.2 Partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement non intentionnel	78
4.2.1 Généralités	78
4.2.2 Equipement d'éclairage considéré comme satisfaisant à l'essai de Van der Hoofden sans essai	78
4.2.3 Application des limites	79
4.3 Partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel	79
5 Exigences générales de l'essai de Van der Hoofden	80
5.1 Mesurage	80
5.2 Tension et fréquence d'alimentation	81
5.3 Gamme des fréquences de mesure	81
5.4 Température ambiante	81
5.5 Exigences en matière d'équipement de mesure	81
5.6 Incertitude liée à l'instrumentation de mesure	83
5.7 Rapport d'essai	83
5.8 Evaluation des résultats	83
6 Procédure de mesure pour l'essai de Van der Hoofden	84
6.1 Généralités	84
6.2 Conditions de fonctionnement	84
6.2.1 Conditions de fonctionnement de l'équipement d'éclairage	84
6.2.2 Conditions de fonctionnement d'un équipement d'éclairage spécifique	84
6.2.3 Conditions de fonctionnement d'un équipement d'éclairage doté de éléments rayonnants intentionnels	84
6.3 Distance de mesure	84
6.4 Montage de mesure	85
6.4.1 Généralités	85
6.4.2 Montage de mesure d'un équipement d'éclairage spécifique	85
6.5 Emplacement de la tête d'essai de mesure	86
6.6 Calcul des résultats	86
7 Éléments rayonnants intentionnels de la procédure d'évaluation	86
7.1 Généralités	86
7.2 Méthode d'exclusion à faible puissance	86
7.2.1 Généralités	86
7.2.2 Détermination de la puissance totale rayonnée	87
7.2.3 Détermination du niveau d'exclusion à faible puissance	87
7.2.4 Addition d'émetteurs multiples	87

7.3	Application de la norme de produit sur les EMF pour les équipements portés près du corps	87
7.4	Application de la norme de produit sur les EMF pour les stations de base.....	87
7.5	Application d'une autre norme sur les EMF	88
Annexe A (normative) Distances de mesure.....		89
Annexe B (informative) Emplacement de la tête d'essai de mesure		90
Annexe C (informative) Limites d'exposition.....		95
C.1	Généralités	95
C.2	ICNIRP	95
C.2.1	ICNIRP 1998	95
C.2.2	ICNIRP 2010	95
C.3	IEEE	96
Annexe D (informative) Méthode justificative d'évaluation et de mesure.....		97
D.1	Généralités	97
D.2	Champ électrique interne induit.....	97
D.2.1	Généralités	97
D.2.2	Champ électrique induit dû au champ magnétique; $E_{\text{Foucault}}(f_i, d_{\text{boucle}})$	99
D.2.3	Champ électrique induit dû au champ électrique; $E_{\text{cap}}(f_i, d)$	104
D.3	Effets thermiques de 100 kHz à 300 GHz.....	108
D.3.1	Généralités	108
D.3.2	Contribution 100 kHz à 30 MHz aux effets thermiques	108
D.3.3	Contribution 30 MHz à 300 MHz aux effets thermiques	110
D.3.4	Conclusion globale concernant la contribution aux effets thermiques	111
Annexe E (normative) Méthode pratique d'évaluation et de mesure des champs électriques internes		112
E.1	Mesure du champ électrique interne induit	112
E.2	Programme de calcul	112
E.3	Critère de conformité pour l'essai de tête de Van der Hoofden	113
Annexe F (normative) Réseau de protection		115
F.1	Etalonnage du réseau de protection	115
F.2	Calcul de la caractéristique théorique du réseau de protection.....	116
Annexe G (informative) Incertitude liée à l'instrumentation de mesure		118
Annexe H (informative) Equipement considéré conforme		120
Annexe I (informative) Éléments rayonnants intentionnels		122
I.1	Généralités	122
I.2	Éléments rayonnants intentionnels dans les équipements d'éclairage	122
I.3	Propriétés des antennes dans les applications d'éclairage	122
I.4	Approche d'évaluation d'exposition	129
I.4.1	Généralités	129
I.4.2	Détermination de la puissance totale rayonnée moyenne $P_{\text{int,rad}}$	129
I.4.3	Détermination du niveau d'exclusion à faible puissance P_{max}	130
I.5	Emetteurs multiples d'un luminaire.....	131
I.6	Exposition à des luminaires multiples.....	131
I.7	Références à l'Annexe I	132
Bibliographie.....		133

Figure 1 – Marches à suivre pour l'établissement de la conformité et critères d'acceptation/échec pour l'équipement d'éclairage	80
Figure 2 – Tête d'essai Van der Hoofden	82
Figure 3 – Exemple de circuit de protection	82
Figure 4 – Montage de mesure	85
Figure 5 – Procédure de démonstration de conformité pour la partie de l'équipement d'éclairage comportant un émetteur intentionnel	88
Figure B.1 – Emplacement du point de mesure dans la direction transversale de l'équipement d'éclairage – vue de côté	90
Figure B.2 – Emplacement des points de mesure dans la direction longitudinale de l'équipement d'éclairage – vue de côté	90
Figure B.3 – Emplacement des points de mesure dans la direction longitudinale de l'équipement d'éclairage; dans la direction de l'éclairement	91
Figure B.4 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage dont les dimensions présentent une symétrie de rotation	91
Figure B.5 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage dont les dimensions présentent une symétrie de rotation; dans la direction de l'éclairement	92
Figure B.6 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage ayant des dimensions identiques sur l'axe x et l'axe y	92
Figure B.7 – Emplacement du ou des points de mesure d'un équipement d'éclairage avec lampe à un seul culot (éclairage à 360°)	93
Figure B.8 – Emplacement des points de mesure d'un équipement d'éclairage muni d'un appareillage à distance	93
Figure B.9 – Emplacement du point de mesure d'un convertisseur électronique indépendant	94
Figure B.10 – Emplacement du/des points de mesure d'un luminaire à éclairage dirigé vers le haut (au sol/suspendu)	94
Figure D.1 – Vue d'ensemble de la méthode d'évaluation et de mesure	97
Figure D.2 – Distances de la tête, de la boucle et du montage de mesure	99
Figure D.3 – Courant maximal dans la LLA de 2 m, en fonction de la fréquence	101
Figure D.4 – Champ électrique interne induit et niveaux limites associés	103
Figure D.5 – Exemple de résultat d'essai de champ magnétique utilisant la LLA	104
Figure D.6 – Distances entre la tête et le montage de mesure	105
Figure D.7 – Courbe de l'Equation (D.20)	106
Figure D.8 – Exemple du courant c_m mesuré au moyen d'un essai d'émission conduite	110
Figure F.1 – Montage d'essai pour l'étalonnage de l'analyseur de réseau	115
Figure F.2 – Montage d'essai pour la mesure du facteur de division en tension à l'aide d'un analyseur de réseau	116
Figure F.3 – Caractéristique théorique calculée pour l'étalonnage du réseau de protection	117
Figure H.1 – Organigramme pour déterminer l'applicabilité de la conformité sans mesure de facteur F	121
Figure I.1 – Luminaire avec antenne d'émission dans une pièce	125
Figure I.2 – Influence d'un plafond/plan conducteur	126
Figure I.3 – Champ électrique d'un petit doublet électrique: formule analytique en fonction de l'approximation de champ lointain	127
Figure I.4 – Champ électrique en fonction de la distance, du gain d'antenne et de la puissance d'entrée (approximation de champ lointain)	128

Figure I.5 – Influence des signaux d'impulsions sur l'exposition moyenne	130
Tableau 1 – Grandeurs physiques et unités	77
Tableau 2 – Réglages du récepteur ou de l'analyseur de spectre	81
Tableau A.1 – Equipement d'éclairage et distances de mesure	89
Tableau C.1 – Restrictions de base concernant l'exposition du grand public aux champs électriques et magnétiques variant dans le temps, pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz	95
Tableau C.2 – Restrictions de base concernant l'exposition du grand public aux champs électriques et magnétiques variant dans le temps pour des fréquences allant jusqu'à 10 MHz	95
Tableau C.3 – Restrictions de base (BR) de l'IEEE pour le grand public	96
Tableau C.4 – Restrictions de base (BR) de l'IEEE entre 100 kHz et 3 GHz pour le grand public	96
Tableau D.1 – Calculs de champ électrique interne induit	100
Tableau D.2 – Calcul des contributions du réseau	106
Tableau D.3 – Pas en fréquence pour l'addition d'amplitude égal à 1,11 fois B_6	107
Tableau D.4 – Pas en fréquence pour l'addition des puissances égal à 0,833 fois B_6	108
Tableau D.5 – Limites d'intensité du champ selon la CISPR 15	111
Tableau E.1 – Conductivité en fonction de la fréquence (voir Tableau C.1 de l'IEC 62311:2007)	113
Tableau G.1 – Calcul de l'incertitude pour la méthode de mesure décrite à l'Article 5 et à l'Article 6 dans la gamme de fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz	118
Tableau G.2 – Commentaires et informations relatifs au Tableau G.1	119
Tableau I.1 – Présentation des technologies radio sans fil qui sont susceptibles d'être appliquées aux systèmes d'éclairage	124

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉVALUATION D'UN ÉQUIPEMENT D'ÉCLAIRAGE RELATIVEMENT À L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62493 a été établie par le comité d'études 34 de l'IEC: Lampes et équipements associés.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

La présente édition inclut les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) identification des types de produits d'éclairage considérés comme satisfaisant à la norme sans qu'il soit nécessaire de procéder à des essais;
- b) suppression de la condition préalable consistant à se conformer à la norme CISPR 15 pour satisfaire aux exigences de l'IEC 62493;
- c) inclusion des conséquences des lignes directrices de l'ICNIRP 2010 (jusqu'à 100 kHz);

- d) ajout de recommandations pour la "méthode de la tête d'essai de Van der Hoofden" afin d'améliorer la reproductibilité des résultats;
- e) inclusion de la méthode de démonstration de conformité des produits dotés d'éléments rayonnants intentionnels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
34/222/FDIS	34/228/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62493, publiées sous le titre général *Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les limites d'exposition indiquées à l'Annexe C (informative) sont données pour information seulement; elles ne constituent pas une liste exhaustive et ne sont valables que dans certaines régions du monde. Il est de la responsabilité des utilisateurs de la présente norme de s'assurer qu'ils utilisent la version en cours des valeurs limites spécifiées par les autorités nationales concernées.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale établit une méthode d'évaluation appropriée concernant l'influence des champs électromagnétiques dans l'espace situé autour des équipements mentionnés dans le domaine d'application. Elle définit également les conditions de fonctionnement et les distances de mesure normalisées.

Cette norme est conçue pour évaluer, grâce à des mesures et/ou à des calculs, les champs électromagnétiques (EM) et leur effet potentiel sur le corps humain, en référence aux niveaux d'exposition du grand public qui sont donnés dans l'ICNIRP:1998 [1]¹, l'ICNIRP 2010 [2], l'IEEE C95.1:2005 [3] et l'IEEE C95.6:2002 [4]. Les niveaux d'exposition auxquels satisfaire correspondent aux restrictions de base (reposant à la fois sur l'ICNIRP et l'IEEE).

En fonction des propriétés de fonctionnement de l'équipement d'éclairage, la gamme de fréquences des restrictions de base applicables peut être limitée comme suit:

- champ électrique interne entre 20 kHz et 10 MHz;
- débit d'absorption spécifique (DAS) compris entre 100 kHz et 300 MHz;
- densité de puissance en dehors du domaine d'application.

NOTE Les fréquences de fonctionnement de l'équipement d'éclairage sont supérieures à 20 kHz, pour éviter les bruits audibles et les interférences infrarouges. Les contributions de fréquence au-delà de 300 MHz peuvent être négligées.

Cette norme n'a pas pour but de remplacer les définitions et procédures spécifiées dans les normes relatives à l'exposition, mais de compléter la procédure déjà spécifiée pour la conformité à l'exposition.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

ÉVALUATION D'UN ÉQUIPEMENT D'ÉCLAIRAGE RELATIVEMENT À L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale traite de l'évaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques. L'évaluation comprend le champ électrique interne induit pour les fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz et le débit d'absorption spécifique (DAS) pour les fréquences comprises entre 100 kHz et 300 MHz autour de l'équipement d'éclairage.

Sont inclus dans le domaine d'application de la présente norme:

- tous les équipements d'éclairage ayant pour fonction principale de générer et/ou de répartir la lumière à des fins d'éclairage, et destinés à être raccordés soit à une alimentation électrique basse tension soit à une batterie, pour utilisation en intérieur et/ou en extérieur;
- la partie des appareils à fonctions multiples destinée à l'éclairage lorsqu'une des principales fonctions de ces appareils est l'éclairage lumineux;
- les organes auxiliaires indépendants, à utiliser exclusivement avec l'équipement d'éclairage;
- les équipements d'éclairage contenant intentionnellement des éléments rayonnants pour les communications ou les commandes sans fil.

Sont exclus du domaine d'application de la présente norme:

- les équipements d'éclairage des avions et des aéroports;
- les équipements d'éclairage des véhicules routiers (excepté l'éclairage des compartiments passagers dans les transports en commun)
- les équipements d'éclairage agricoles;
- les équipements d'éclairage des bateaux/navires;
- les photocopieurs, les projecteurs de documents;
- les appareils pour lesquels les exigences en matière de champs électromagnétiques sont formulées de manière explicite dans d'autres normes IEC.

NOTE Les méthodes décrites dans la présente norme ne sont pas adaptées pour comparer les champs de différents équipements d'éclairage.

La présente norme ne s'applique pas aux composants intégrés dans des luminaires, tels que des appareillages électroniques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 62209-2:2010, *Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles de corps humain, instrumentation et procédures – Partie 2: Procédure de détermination du débit*

d'absorption spécifique produit par les appareils de communications sans fil utilisés très près du corps humain (gamme de fréquences de 30 MHz à 6 GHz)

IEC 62232:2011, *Détermination des champs radiofréquences et du DAS aux environs des stations de base utilisées pour les communications radio dans le but d'évaluer l'exposition humaine*

IEC 62311:2007, *Evaluation des équipements électroniques et électriques en relation avec les restrictions d'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

IEC 62479:2010, *Evaluation de la conformité des appareils électriques et électroniques de faible puissance avec les restrictions de base concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (10 MHz à 300 GHz)*

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

3 Termes, définitions, grandeurs physiques, unités et abréviations

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1

ballast

unité insérée entre l'alimentation et une ou plusieurs lampes à décharge qui, via l'inductance, la capacité, ou une combinaison des deux, sert principalement à limiter le courant de la ou des lampes à la valeur exigée

Note 1 à l'article: Elle peut aussi comporter un transformateur de la tension d'alimentation et des dispositifs qui permettent de fournir la tension de déclenchement et le courant de préchauffage.

3.1.2

restriction de base

limitations fondamentales

restrictions concernant l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques à variation temporelle, basées sur des effets biologiques établis, et comprenant un facteur de sécurité

Note 1 à l'article: La restriction de base correspond au niveau maximal qu'il convient de ne dépasser sous aucun prétexte.

3.1.3

appareillage de lampe intégré

appareillage de lampe généralement conçu pour être intégré à un luminaire, une caisse, une enveloppe ou un objet similaire, qui n'est pas destiné à être monté en dehors d'un luminaire, etc., sans précautions spéciales

Note 1 à l'article: Le compartiment de l'appareillage à la base d'un lampadaire routier est considéré comme une enveloppe.

3.1.4

facteur de conformité

F

facteur déterminé au moyen de la tête d'essai de Van der Hoofden, qui représente le champ électrique interne induit (pondéré et additionné) mesuré dû au champ électrique externe dans la gamme des fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe D et l'Annexe E.

3.1.5

appareillage électronique

alimentation, convertisseur c.a./c.c. contenant des éléments de stabilisation servant à déclencher et faire fonctionner une ou plusieurs lampe(s), généralement à fréquence élevée

Note 1 à l'article: Les igniteurs, starters, interrupteurs, gradateurs (y compris les unités de réglage de phase telles que les triacs et les GTO) et capteurs de tous types ne sont pas considérés comme des appareillages électroniques.

3.1.6

exposition

phénomène survenant lorsqu'une personne est sujette à des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques ou à des courants de contact autres que ceux provenant des processus physiologiques du corps et d'autres phénomènes naturels

3.1.7

distance d'exposition

distance type entre l'équipement d'éclairage et une personne dans les conditions normales d'utilisation

3.1.8

lampe fluorescente

lampe à décharge de type à mercure basse pression dans laquelle la majeure partie de la lumière est émise par une ou plusieurs couches de phosphore excité par le rayonnement ultraviolet résultant de la décharge

Note 1 à l'article: Ces lampes sont souvent tubulaires et, en France, sont appelées tubes fluorescents.

3.1.9

lampe à décharge haute intensité

lampe HID

lampe à décharge dans laquelle l'arc qui produit la lumière est stabilisé par effet thermique de son enceinte dont la puissance surfacique est supérieure à 3 W/cm²

Note 1 à l'article: Les lampes HID comprennent des groupes de lampes appelés lampes à mercure haute pression, à halogénure de métal et à sodium haute pression.

Note 2 à l'article: L'abréviation "HID" est dérivée du terme anglais développé correspondant "high-intensity discharge".

3.1.10

lampe haute pression

lampe à décharge de haute intensité dans laquelle la majeure partie de la lumière est produite, directement ou indirectement, par le rayonnement provenant du mercure ou de la vapeur de sodium à des niveaux relativement élevés de pression partielle

3.1.11

organe auxiliaire indépendant

organe auxiliaire composé d'un ou plusieurs éléments distincts, conçu de sorte qu'il puisse être monté séparément en dehors d'un luminaire, avec une protection conforme au marquage de l'organe auxiliaire, mais sans enveloppe supplémentaire

EXEMPLES: il s'agit, par exemple, des variateurs, des transformateurs et des convertisseurs pour lampes incandescentes ou les sources lumineuses LED, des ballasts pour lampes à décharge (y compris les lampes à fluorescence) et les semi-luminaires pour lampes compactes à fluorescence, les lampes à incandescence ou les sources lumineuses LED

Note 1 à l'article: Il peut se composer d'un organe auxiliaire intégré, logé dans une enveloppe adaptée qui assure une protection satisfaisante, conforme à ses marquages.

3.1.12

appareillage de lampe indépendant convertisseur électronique indépendant

appareillage de lampe composé d'un ou plusieurs élément(s) distinct(s), conçu de sorte qu'il puisse être monté séparément en dehors d'un luminaire, avec une protection conforme au marquage de l'appareillage de lampe, mais sans enveloppe supplémentaire

Note 1 à l'article: Il peut se composer d'un appareillage de lampe intégré, logé dans une enveloppe adaptée qui assure une protection satisfaisante, conforme à ses marquages.

3.1.13

appareillage de lampe intégral

appareillage de lampe qui constitue une partie non remplaçable d'un luminaire et ne pouvant être soumis à un essai séparément du luminaire

3.1.14

élément rayonnant intentionnel

n'importe quel dispositif qui a été conçu pour produire des champs électromagnétiques à dessein pour réaliser des fonctions telles que la communication sans fil, la commande, la détection, etc.

3.1.15

appareillage de lampe

un ou plusieurs composant(s) situé(s) entre l'alimentation et une ou plusieurs lampe(s), qui peu(ven)t servir à transformer la tension d'alimentation, limiter le courant de la (des) lampe(s) à la valeur exigée, fournir une tension de déclenchement et un courant de préchauffage, empêcher un déclenchement à froid, corriger un facteur de puissance ou réduire les perturbations radioélectriques

3.1.16

diode électroluminescente LED

dispositif statique comprenant une jonction PN et émettant des rayonnements optiques en cas d'excitation par un courant électrique

Note 1 à l'article: L'abréviation "LED" est dérivée du terme anglais développé correspondant "light emitting diode".

3.1.17

équipement d'éclairage

équipement dont la principale fonction est de générer, de réguler et/ou de distribuer le rayonnement optique au moyen d'une ou plusieurs source(s) de lumière électrique

3.1.18

lampe basse pression

lampe à décharge dans laquelle la lumière est produite par le rayonnement provenant de la vapeur de sodium ou du mercure

3.1.19

distance de mesure

distance entre l'équipement d'éclairage et la surface externe de la tête d'essai de mesure

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe A.

3.1.20

point de mesure

position et emplacement de la tête d'essai de mesure par rapport à l'équipement d'éclairage

3.1.21**diode électroluminescente organique****OLED**

semiconducteur électroluminescent dont la zone électroluminescente est constituée de composés organiques comprenant une cathode, une anode, et des couches électroluminescentes organiques

Note 1 à l'article: L'abréviation "OLED" est dérivée du terme anglais développé correspondant "organic light emitting diode".

3.1.22**lampe à ballast intégré**

unité qui peut être démontée sans être irrémédiablement endommagée, dotée d'un culot et contenant une source de lumière et des éléments supplémentaires nécessaires au déclenchement et au bon fonctionnement de la source de lumière

3.2 Grandeurs physiques et unités

Pour les besoins du présent document, les grandeurs physiques et unités données au Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 – Grandeurs physiques et unités

Grandeur	Symbole	Unité	Dimension
Conductivité	σ	Siemens par mètre	S/m
Densité de courant	J	Ampère par mètre carré	A/m ²
Intensité du champ électrique	E	Volt par mètre	V/m
Fréquence	f	Hertz	Hz
Intensité du champ magnétique	H	Ampère par mètre	A/m
Densité de flux magnétique	B	Tesla	T (Wb/m ² , Vs/m ²)
Puissance	P	Watt	W
Courant	I	Ampère	A

3.3 Abréviations

Pour les besoins du présent document, les abréviations suivantes s'appliquent.

c.a.	courant alternatif
BR	restriction de base (<i>basic restriction</i>)
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
c.c.	courant continu
DEE	dispositif en essai
EIRP	puissance isotrope rayonnée équivalente (<i>equivalent isotropically radiated power</i>)
EMF	champ électromagnétique (<i>electromagnetic field</i>)
EMI	brouillage électromagnétique (<i>electromagnetic interference</i>)
ERP	puissance apparente rayonnée (<i>effective radiated power</i>)
GTO	thyristor à extinction par la gâchette (<i>gate turn off</i>)
HID	décharge à haute intensité (<i>high intensity discharge</i>)

ICNIRP	Commission internationale sur la radioprotection non ionisante (<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i>)
IEC	Commission Electrotechnique Internationale (<i>International Electrotechnical Commission</i>)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens)
IR	Infrarouge
LED	diode électroluminescente (<i>light emitting diode</i>)
LLA	grande antenne cadre (<i>large loop antenna</i>)
NWA	analyseur de réseau (<i>network analyser</i>)
OLED	diode électroluminescente organique (<i>organic light emitting diode</i>)
PRF	fréquence de répétition d'impulsion (<i>pulse repetition frequency</i>)
RF	radiofréquence
r.m.s.	valeur efficace (<i>root mean square</i>)
DAS	débit d'absorption spécifique
UV	ultraviolet
WBA	moyenne pour l'ensemble du corps (<i>whole-body average</i>)

4 Limites

4.1 Généralités

Les restrictions de base et les niveaux de référence pour le grand public de l'IEEE C95.1 2005 ou l'ICNIRP 1998 et l'ICNIRP 2010 s'appliquent; voir l'Annexe C.

L'équipement d'éclairage doit satisfaire à la limite de l'essai de Van der Hoofden (4.2.3), sauf s'il y satisfait de manière inhérente (4.2.2). S'il est équipé d'un élément rayonnant intentionnel, il doit également réussir la procédure d'évaluation y afférant (4.3). Une présentation des marches à suivre pour établir la conformité en fonction de ces limites est donnée à la Figure 1.

4.2 Partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement non intentionnel

4.2.1 Généralités

Le présent paragraphe 4.2 s'applique à l'équipement d'éclairage, à l'exception de la partie présentant un rayonnement intentionnel (pour autant que cela s'applique).

4.2.2 Equipement d'éclairage considéré comme satisfaisant à l'essai de Van der Hoofden sans essai

L'équipement d'éclairage est considéré comme satisfaisant aux exigences de la présente norme sans essai s'il satisfait à l'une des conditions de conformité inhérente suivantes:

- 1) il ne contient pas d'appareillage électronique;
- 2) il repose sur une technologie de lampe incandescente, y compris l'halogène;
- 3) il repose sur une technologie de source lumineuse à LED;
- 4) il repose sur une technologie de source lumineuse à OLED;
- 5) il repose sur des technologies de lampe à décharge haute pression;
- 6) il repose sur des technologies de lampe à décharge basse pression avec une distance d'exposition supérieure ou égale à 50 cm (selon Tableau A.1);
- 7) c'est un organe auxiliaire indépendant.

Le contexte et la justification de ces conditions sont donnés dans l'Annexe H informative.

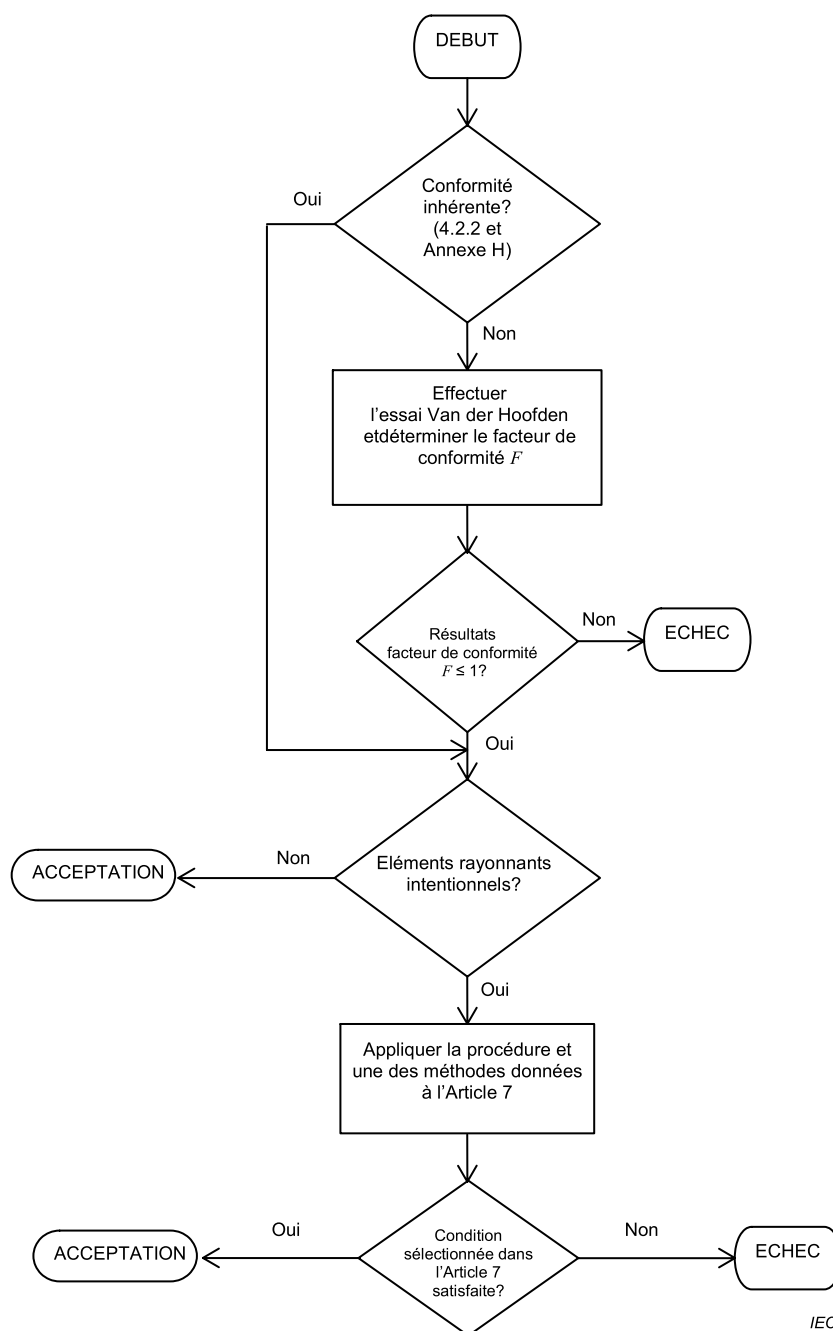
L'équipement d'éclairage qui ne satisfait à aucune de ces conditions est soumis aux exigences données en 4.2.3.

4.2.3 Application des limites

L'équipement d'éclairage décrit dans le domaine d'application et qui ne satisfait pas à l'une des conditions de conformité inhérente mentionnées en 4.2.2 est satisfait à la présente norme si le facteur de conformité F (voir 3.1.4) est inférieur ou égal à 1.

4.3 Partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel

Si un ou plusieurs élément(s) rayonnant(s) intentionnel(s) fait/ont partie de l'équipement d'éclairage, alors, pour la conformité à la présente norme, une des méthodes données à l'Article 7 doit être appliquée et les conditions satisfaites. Voir également l'Annexe I pour plus de détails.



IEC

Figure 1 – Marches à suivre pour l'établissement de la conformité et critères d'acceptation/échec pour l'équipement d'éclairage

5 Exigences générales de l'essai de Van der Hoofden

5.1 Mesurage

Le champ électrique interne induit est déterminé en mesurant le courant capacitif $I_{\text{cap}}(f_n)$ entrant dans une tête d'essai normalisée (voir la Figure 4 et Annexe E pour plus de détails). Le courant capacitif est mesuré sous la forme d'une tension $V(f_n)$ par un analyseur de spectre ou un récepteur par l'intermédiaire d'un réseau de couplage (voir la Figure 3), la tension étant fonction de la fréquence. Le présent Article 5 donne des détails sur la tête d'essai, l'instrumentation de mesure et les conditions de mesure.

5.2 Tension et fréquence d'alimentation

Pour les équipements fonctionnant en courant alternatif, les mesures doivent être réalisées à la tension c.a. du réseau, $\pm 2\%$ de la tension d'alimentation assignée maximale.

Les équipements qui peuvent fonctionner à partir de tensions c.a. et fréquences d'alimentation c.a. différentes doivent uniquement être mesurés à une seule tension d'alimentation c.a., à $\pm 2\%$ de la tension d'alimentation assignée maximale, et à une seule fréquence d'alimentation c.a. (50 Hz ou 60 Hz).

Les équipements qui peuvent fonctionner à la fois à partir d'alimentations (multiples) c.a. et/ou c.c. doivent être mesurés à une seule tension d'alimentation c.c., à $\pm 2\%$ de la tension d'alimentation c.c. assignée maximale.

5.3 Gamme des fréquences de mesure

La gamme des fréquences de mesure prise en compte s'étend de 20 kHz à 10 MHz (voir l'Annexe E).

5.4 Température ambiante

Les mesures doivent être effectuées dans une gamme de températures ambiantes comprises entre 15 °C et 25 °C.

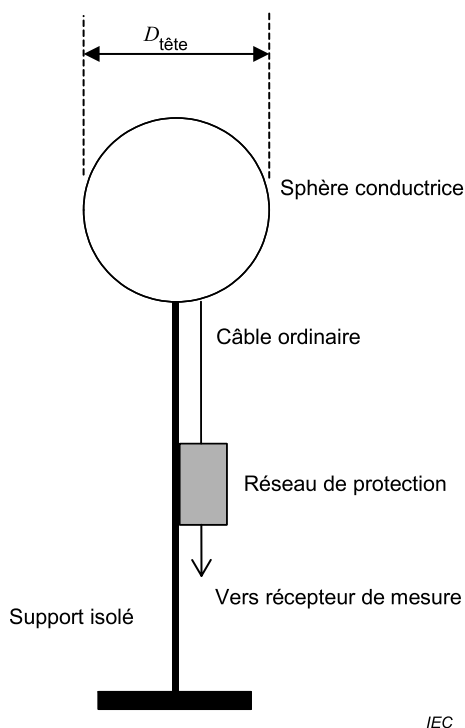
5.5 Exigences en matière d'équipement de mesure

Un récepteur d'essai ou analyseur de spectre de brouillage électromagnétique (EMI) conforme à la CISPR 16-1-1 est exigé, avec les réglages donnés au Tableau 2:

Tableau 2 – Réglages du récepteur ou de l'analyseur de spectre

Gamme de fréquences	B_6	Durée de mesure	f_{pas}	Détecteur
20 kHz à 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	crête
150 kHz à 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	crête
B_6 est la bande passante à 6 dB, tel que spécifié dans la CISPR 16-1-1.				

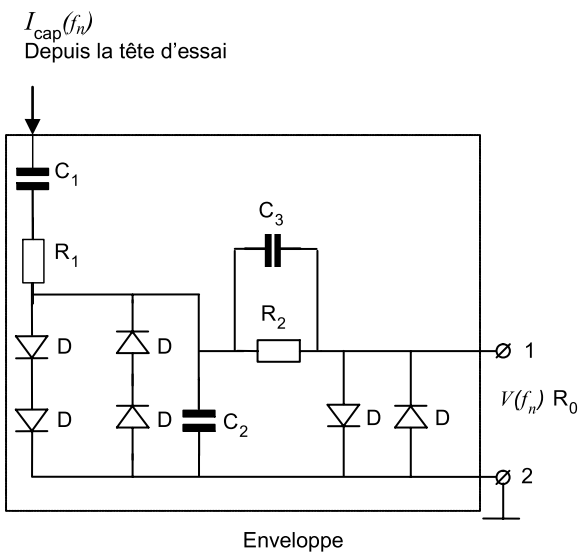
Une tête d'essai Van der Hoofden (voir la Figure 2) est composée d'une sphère conductrice de diamètre extérieur $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, montée sur un support isolé (bois, plastique, par exemple) et connectée par un câble ordinaire à un réseau de protection.



IEC

Figure 2 – Tête d'essai Van der Hoofden

Un exemple du circuit de protection peut être consulté à la Figure 3.



IEC

Exemple

$C_1 = 470 \text{ pF}$

$C_2 = 10 \text{ nF}$

$C_3 = \text{condensateur facultatif } (\sim 56 \text{ pF})$

pour satisfaire aux exigences de la fonction de transfert de l'Annexe F.

$R_1 = 470 \text{ } \Omega$

$R_2 = 150 \text{ } \Omega$

D = Diode Schottky

$R_0 = \text{entre } 50 \text{ } \Omega \text{ du récepteur EMI}$

La borne 1 et la borne 2 doivent être raccordées à un récepteur EMI ou un analyseur de spectre par un câble coaxial

Figure 3 – Exemple de circuit de protection

La fonction de transfert du réseau de protection est donnée dans l'Equation (1)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{cap}}(f_n)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C_2]^2}} \quad (1)$$

La fonction de transfert du réseau de protection ne doit pas dévier de plus de ± 1 dB par rapport à la caractéristique calculée (voir le calcul à l'Annexe F). L'étalonnage du réseau de protection doit être réalisé selon la procédure décrite en détail à l'Annexe F.

Une présentation du montage de mesure est donnée en 6.4.

5.6 Incertitude liée à l'instrumentation de mesure

L'incertitude de base liée à l'instrumentation de mesure U_{basic} est estimée à 30 %. L'incertitude réelle liée à l'instrumentation pour la méthode de mesure utilisée dans un laboratoire (U_{lab}) doit être calculée. L'incertitude réelle doit être utilisée pour l'évaluation de la conformité du résultat (voir en 5.8). Un exemple du calcul de U_{lab} peut être trouvé à l'Annexe G.

NOTE L'IEC 61786:1998 [6] contient des lignes directrices permettant d'évaluer l'incertitude.

5.7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit mentionner au moins les informations suivantes:

- identification de l'équipement d'éclairage;
- spécifications de l'équipement de mesure;
- mode de fonctionnement, point(s) de mesure et distance(s)
- fréquence et tension assignées;
- résultat des mesures;
- ensemble de limites appliqué.

5.8 Evaluation des résultats

La conformité ou la non-conformité à la limite doit être déterminée de la manière suivante.

Si l'incertitude calculée avec l'instrumentation réellement utilisée pour l'essai (U_{lab}) est inférieure ou égale à l'incertitude indiquée en 5.6 (U_{basic}), alors:

- l'appareil est considéré conforme si le résultat de la mesure ne dépasse pas la limite applicable.
- l'appareil est considéré non conforme si le résultat de la mesure dépasse la limite applicable.

Si l'incertitude calculée avec l'instrumentation utilisée pour l'essai (U_{lab}) est supérieure à l'incertitude indiquée en 5.6 (U_{basic}), alors:

- l'appareil est considéré comme étant conforme si le résultat de la mesure, augmenté de ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), ne dépasse pas la limite applicable.
- l'appareil est considéré comme étant non conforme si le résultat de la mesure, augmenté de ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), dépasse la limite applicable.

6 Procédure de mesure pour l'essai de Van der Hoofden

6.1 Généralités

La méthode d'évaluation repose sur les restrictions de base données dans l'ICNIRP 1998 et l'ICNIRP 2010, ou dans l'IEEE C95.1-2005. La procédure de mesure utilisée simule le champ électrique interne induit dans une personne proche de l'équipement d'éclairage. Les mesures sont réalisées dans les conditions spécifiées au présent Article 6.

6.2 Conditions de fonctionnement

6.2.1 Conditions de fonctionnement de l'équipement d'éclairage

Les mesures d'un équipement d'éclairage doivent être réalisées dans les conditions de fonctionnement spécifiées par le fabricant.

Dans le cas d'un équipement d'éclairage dans lequel des lampes de différentes puissances assignées peuvent être installées, l'équipement d'éclairage doit uniquement être mesuré en association avec la lampe qui possède la tension nominale la plus élevée.

Avant de procéder à la mesure, la ou les lampe(s) doi(ven)t être allumée(s) jusqu'à atteindre la stabilisation. Sauf indication contraire du fabricant, les durées de stabilisation suivantes doivent être observées:

- 15 min pour les lampes à décharge basse pression;
- 30 min pour les autres lampes à décharge.

Toutes les mesures doivent être réalisées avec des lampes ayant déjà été utilisées pendant 100 h.

6.2.2 Conditions de fonctionnement d'un équipement d'éclairage spécifique

Équipement d'éclairage à lampes multiples: Lorsque l'équipement d'éclairage comprend plusieurs lampes, toutes les lampes doivent être allumées simultanément.

Blocs autonomes d'éclairage de secours: Si l'appareil peut être raccordé et allumé à partir du réseau, il doit être soumis à essai dans ce mode de fonctionnement. Aucun essai n'est exigé en cas de fonctionnement à partir d'une batterie.

Un équipement d'éclairage capable de réguler la lumière doit être mesuré aux limites minimale et maximale de régulation de la lumière.

6.2.3 Conditions de fonctionnement d'un équipement d'éclairage doté de éléments rayonnants intentionnels

La partie du DEE présentant un rayonnement intentionnel doit être désactivée durant l'essai de tête de Van der Hoofden, sauf si cette action rend le fonctionnement du DEE impossible.

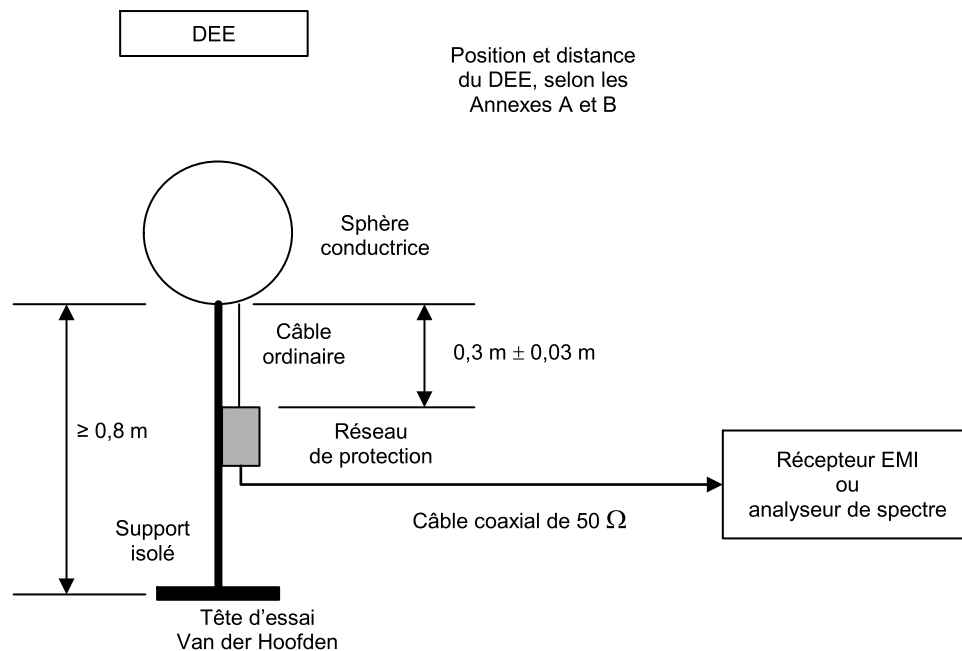
6.3 Distance de mesure

L'équipement d'éclairage est évalué en fonction de la distance de mesure donnée au Tableau A.1 de l'Annexe A, sauf spécification contraire du fabricant, si une limitation d'utilisation est précisée dans les instructions d'installation. La surface extérieure de la tête d'essai est prise comme point de référence lors de la détermination de la distance de mesure. Voir la Figure B.1 à la Figure B.10 de l'Annexe B. Les tolérances des distances de mesure sont de $\pm 5\%$

6.4 Montage de mesure

6.4.1 Généralités

Le montage de mesure est donné à la Figure 4.



IEC

Légende

DEE Dispositif en essai.

Figure 4 – Montage de mesure

Si l'équipement d'éclairage comporte une borne de mise à la terre, l'équipement d'éclairage doit être raccordé à la terre à l'aide d'un conducteur de mise à la terre contenu dans le câble d'alimentation de l'équipement d'éclairage.

Le récepteur EMI ou l'analyseur de spectre doit être alimenté par le réseau et doté d'une borne de terre de sécurité.

Pendant les essais, il convient qu'aucun objet ou plan conducteur, ni aucun être humain, ne se trouvent à moins de 0,8 m de l'équipement d'éclairage.

La hauteur du support isolé est d'au moins 0,8 m. La sphère conductrice est raccordée au réseau de protection par un câble ordinaire d'une longueur de $30 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$. Le réseau de protection est ensuite raccordé au récepteur EMI ou à l'analyseur de spectre par un câble coaxial de 50Ω présentant une perte maximale dans le câble de 0,2 dB et une résistance c.c de $\leq 10 \Omega$.

6.4.2 Montage de mesure d'un équipement d'éclairage spécifique

6.4.2.1 Lampes à ballast intégré

Ces lampes doivent être insérées directement dans la douille, qui est montée sur une pièce de matériau isolant. La tête d'essai de mesure est positionnée à la distance de mesure spécifiée dans le Tableau A.1, à partir de l'extrémité de la lampe.

6.4.2.2 Appareillage électronique indépendant

Un appareillage électronique indépendant doit être monté sur une pièce de matériau isolant en même temps qu'une lampe présentant la puissance maximale autorisée. Le(s) câble(s) de charge situés entre l'appareillage et l'équipement d'éclairage doivent être de 0,8 m, avec une tolérance relative de 20 %, sauf spécification contraire du fabricant. La configuration de l'appareillage, de l'équipement d'éclairage et du/des câble(s) doit être mesurée conformément à la Figure B.9.

6.5 Emplacement de la tête d'essai de mesure

Les emplacements de mesure de la tête d'essai doivent être sélectionnés conformément aux critères suivants.

Les mesures doivent uniquement être effectuées dans une direction correspondant à celle de l'exposition probable du grand public lors d'une utilisation normale.

Les principes généraux concernant l'emplacement de la sphère conductrice de la tête d'essai par rapport au dispositif en essai (DEE) sont décrits plus en détail de la Figure B.1 à la Figure B.3 de l'Annexe B.

Dans le cas d'un équipement d'éclairage contenant des lampes fluorescentes à deux culots, de longueur supérieure à 30 cm, la tête d'essai est positionnée comme indiqué sur la Figure B.2. La procédure de mesure est répétée pour les deux extrémités de la lampe et, dans le cas d'un équipement d'éclairage à lampes multiples, chaque lampe est mesurée individuellement.

Dans le cas d'un équipement d'éclairage contenant d'autres lampes, la tête d'essai est positionnée à la distance de mesure appropriée, comme spécifié dans le Tableau A.1, au centre du point d'éclairement prévu.

Pour les équipements d'éclairage dont un point d'éclairement central ne peut pas être déterminé, ou lorsque l'éclairage n'est pas dirigé vers le public lors d'une utilisation normale, par exemple dans le cas d'un luminaire à éclairage dirigé vers le haut, un point de mesure est sélectionné à la distance d'essai appropriée par rapport à l'équipement d'éclairage, sur son périmètre. Plusieurs points de mesure peuvent être sélectionnés pour vérifier le bon fonctionnement de l'équipement d'éclairage.

La Figure B.4 à la Figure B.10 donnent des exemples de l'emplacement du ou des points de mesure d'un équipement d'éclairage type.

6.6 Calcul des résultats

Les résultats de mesure sont calculés conformément à l'Annexe E.

7 Éléments rayonnants intentionnels de la procédure d'évaluation

7.1 Généralités

La Figure 5 montre les options concernant la démonstration de conformité de la partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel. Le présent Article 7 donne d'autres lignes directrices sur ces différentes options.

7.2 Méthode d'exclusion à faible puissance

7.2.1 Généralités

La première option concernant la démonstration de conformité de la partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel repose sur la détermination de la

puissance rayonnée moyenne totale de l'élément rayonnant intentionnel. Il s'agit de l'approche par exclusion à faible puissance, spécifiée dans l'IEC 62479. Dans cette approche sont spécifiés les niveaux d'exclusion à faible puissance. Si la puissance moyennée (6 min) totale réelle $P_{\text{int,rad}}$ à l'entrée d'un émetteur intentionnel est inférieure au niveau d'exclusion P_{max} , le produit est conforme par conception, sans qu'il y ait lieu de procéder à d'autres essais si la relation suivante est satisfaite:

$$P_{\text{int,rad}} < P_{\text{max}} \quad (2)$$

Voir l'Article I.4 pour davantage d'informations sur l'approche par exclusion à faible puissance.

7.2.2 Détermination de la puissance totale rayonnée

En général, la puissance totale rayonnée $P_{\text{int,rad}}$ peut être déterminée d'après les spécifications de conception des éléments rayonnants intentionnels utilisés. Lors de la détermination de la valeur de $P_{\text{int,rad}}$, la manière de spécifier la puissance doit être prise en compte. De même, dans le cas d'une puissance fournie par des impulsions, le rapport cyclique du signal émis doit être incorporé, la moyenne sur 6 min devant être déterminée. L'Annexe I donne d'autres lignes directrices sur la manière de déterminer $P_{\text{int,rad}}$.

7.2.3 Détermination du niveau d'exclusion à faible puissance

La norme de base IEC 62479 sur les EMF donne les niveaux d'exclusion à faible puissance P_{max} d'après les différentes restrictions de base qui s'appliquent et les différentes catégories de personnes exposées (grand public, professionnels). Voir le Tableau A.1 de l'IEC 62479:2010. Par exemple, pour l'ICNIRP 1998, exposition du grand public, le niveau d'exclusion à faible puissance le plus défavorable est de 20 mW pour la tête et le tronc. Toutefois, dans la pratique, des niveaux d'exclusion à faible puissance bien plus élevés P_{max} sont obtenus à cause de la distance d'exposition minimale de certains équipements d'éclairage, et des propriétés des antennes utilisées. Le paragraphe I.4.3 donne d'autres lignes directrices pour la détermination des niveaux d'exclusion à faible puissance P_{max} .

7.2.4 Addition d'émetteurs multiples

Dans le cas d'un équipement d'éclairage comprenant plusieurs éléments rayonnants intentionnels, les contributions des émetteurs intentionnels individuels doivent être additionnées. La façon de procéder à cette addition dépend du fait que les signaux RF des émetteurs individuels soient corrélés ou non. L'Article I.5 donne des recommandations supplémentaires sur la méthode d'addition et son critère de conformité.

7.3 Application de la norme de produit sur les EMF pour les équipements portés près du corps

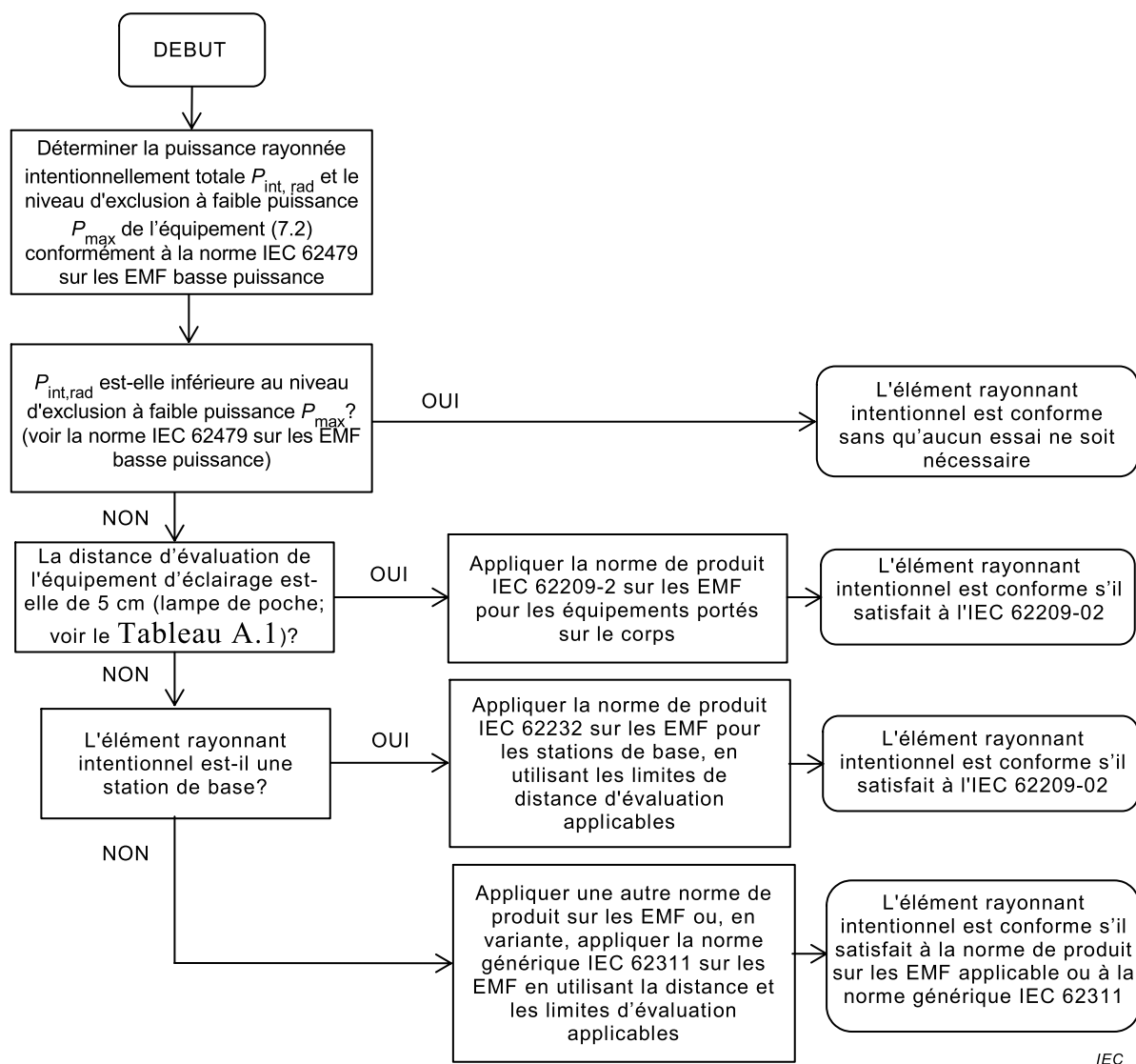
Si le critère de niveau d'exclusion à faible puissance n'est pas satisfait (7.2) et si la distance d'exposition entre la partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel et la personne exposée est inférieure ou égale à 0,05 m, la norme de produit sur les EMF IEC 62209-2 spécifique aux équipements portés sur le corps doit être appliquée pour la démonstration de conformité.

7.4 Application de la norme de produit sur les EMF pour les stations de base

Si le critère de niveau d'exclusion à faible puissance n'est pas satisfait (7.2) et si la partie de l'équipement d'éclairage présentant un rayonnement intentionnel est une station de base, la norme de produit IEC 62232 sur les EMF, spécifique aux stations de base, doit être appliquée pour la démonstration de conformité en utilisant la distance et les limites d'évaluation applicables.

7.5 Application d'une autre norme sur les EMF

Si le critère de niveau d'exclusion à faible puissance n'est pas satisfait (7.2) et si la partie présentant un rayonnement intentionnel ne peut pas être considérée comme un équipement porté sur le corps (7.3) ou comme une station de base (7.4), une autre norme de produit sur les EMF peut éventuellement être appliquée. Sinon, la norme générique IEC 62311 sur les EMF doit être appliquée pour démontrer la conformité en utilisant la distance et les limites d'évaluation applicables.



IEC

Figure 5 – Procédure de démonstration de conformité pour la partie de l'équipement d'éclairage comportant un émetteur intentionnel

Annexe A (normative)

Distances de mesure

Les distances de mesure du Tableau A.1 ont été définies en fonction de l'emplacement prévu des personnes du grand public lors d'une utilisation normale.

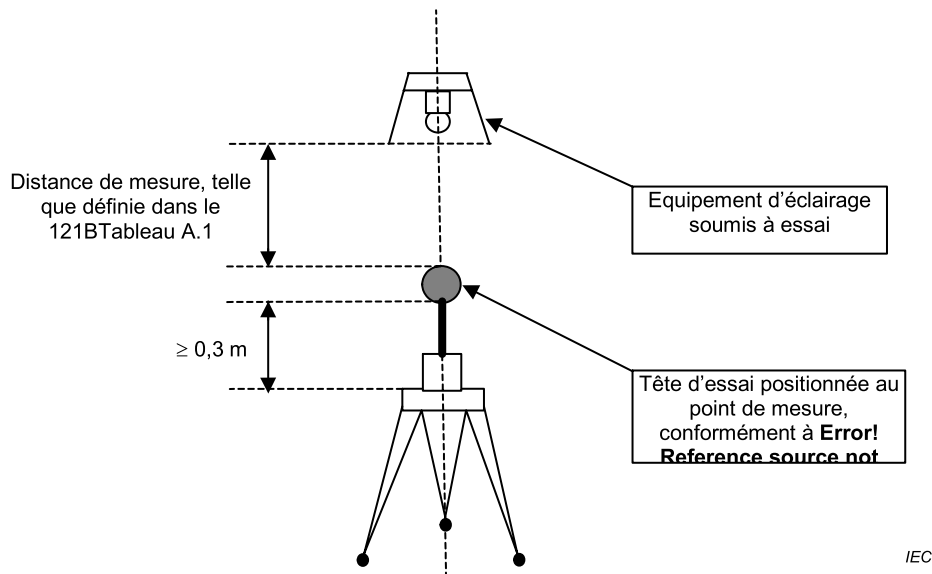
Tableau A.1 – Equipement d'éclairage et distances de mesure

Type d'équipement d'éclairage ^c	Distance de mesure cm
Lampes de poche ^a	5 ^a
Equipement d'éclairage de table	30
Equipement d'éclairage mural	50
Luminaire à éclairage dirigé vers le haut	50
Equipement d'éclairage suspendu	50
Equipement d'éclairage encastré et/ou au plafond pour des lampes fluorescentes avec une puissance d'entrée ^b ≤ 180 W	50
Equipement d'éclairage encastré et/ou au plafond pour des lampes fluorescentes avec une puissance d'entrée ^b > 180 W	70
Equipement d'éclairage encastré et/ou au plafond pour des lampes à décharge avec une puissance d'entrée ^b ≤ 180 W	70
Equipement d'éclairage encastré et/ou au plafond pour des lampes à décharge avec une puissance d'entrée ^b > 180 W	100
Equipement d'éclairage portatif	50
Projecteurs	200
Equipement d'éclairage des routes et des rues	200
Guirlandes lumineuses	50
Equipement d'éclairage pour les piscines et les applications similaires	50
Equipement d'éclairage de scènes, de plateaux TV et de studios de cinéma (extérieur et intérieur)	100
Equipement d'éclairage prévu pour les zones de soins dans les hôpitaux et les établissements de santé	50
Equipement d'éclairage encastré au sol	50
Equipement d'éclairage d'aquarium	50
Veilleuses à brancher	50
Lampes à ballast intégré	30
Appareil à rayonnements UV et IR	50
Eclairage de transport (installé dans les compartiments de trains ou dans les bus)	50
Autres équipements d'éclairage non mentionnés dans ce tableau	50
^a Il convient que la distance de mesure soit de 30 cm et que la valeur mesurée soit calculée à une distance de 5 cm (équation: $1/r^3$). ^b Puissance nominale totale de l'équipement d'éclairage. ^c Si LE (l'équipement d'éclairage) entre dans plusieurs catégories, la catégorie comportant la distance de mesure la plus réduite s'applique.	

Annexe B (informative)

Emplacement de la tête d'essai de mesure

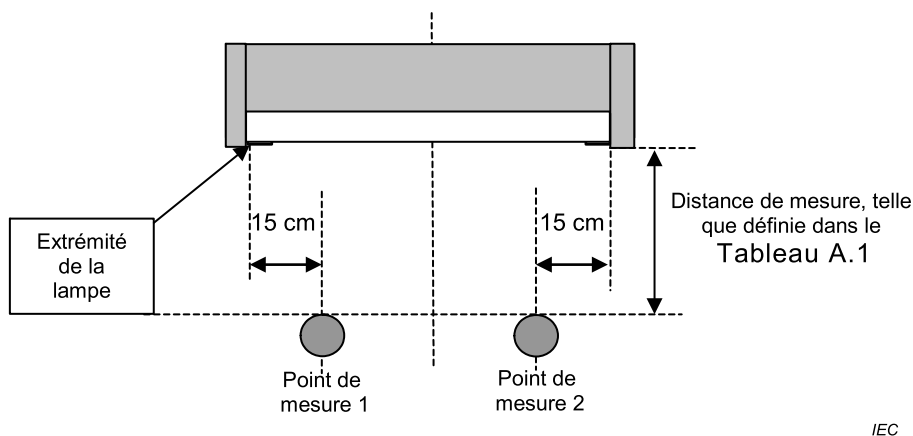
La Figure B.1 à la Figure B.10 de la présente annexe présentent les agencements (position, orientations) de la tête d'essai de Van der Hoofden par rapport à l'équipement d'éclairage en essai. Voir aussi en 6.4 et 6.5 les spécifications particulières des agencements de mesure.



Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) fluorescente(s) à deux culots en sont des exemples.

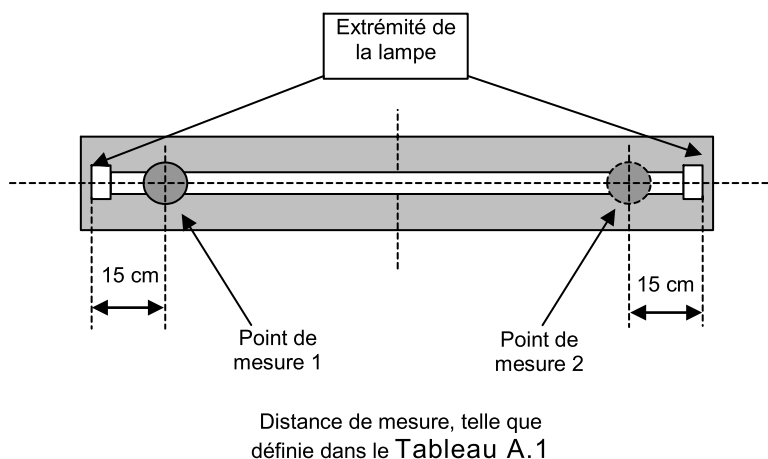
Figure B.1 – Emplacement du point de mesure dans la direction transversale de l'équipement d'éclairage – vue de côté



Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) fluorescente(s) à deux culots en sont des exemples.

Figure B.2 – Emplacement des points de mesure dans la direction longitudinale de l'équipement d'éclairage – vue de côté

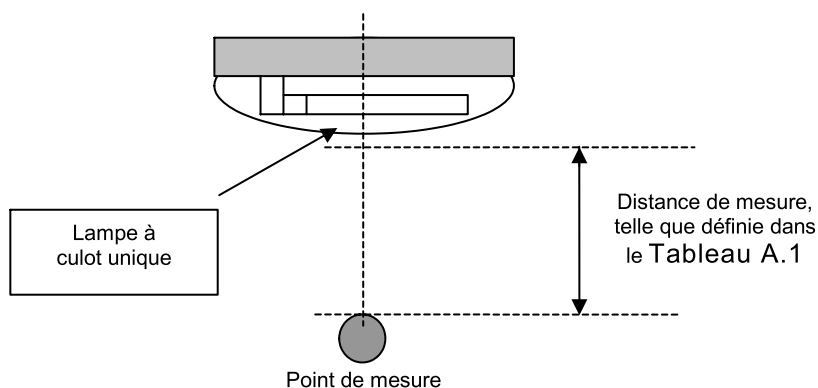


IEC

Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) fluorescente(s) à deux culots en sont des exemples.

Figure B.3 – Emplacement des points de mesure dans la direction longitudinale de l'équipement d'éclairage; dans la direction de l'éclairage

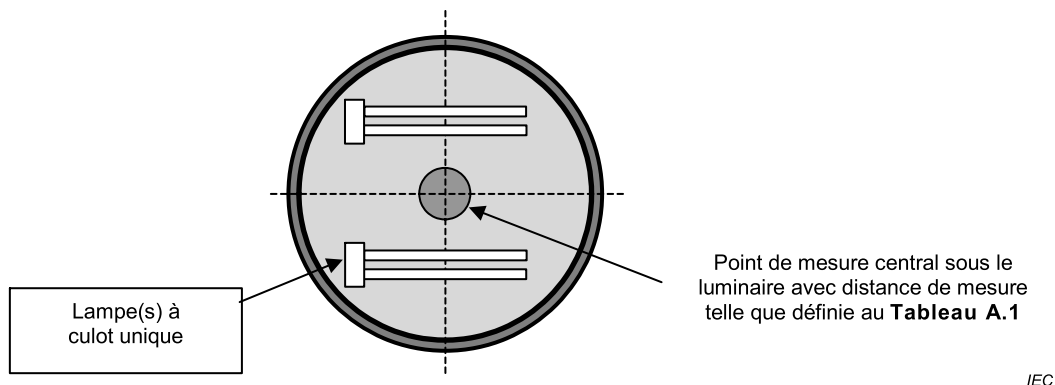


IEC

Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) fluorescente(s) à un culot en sont des exemples.

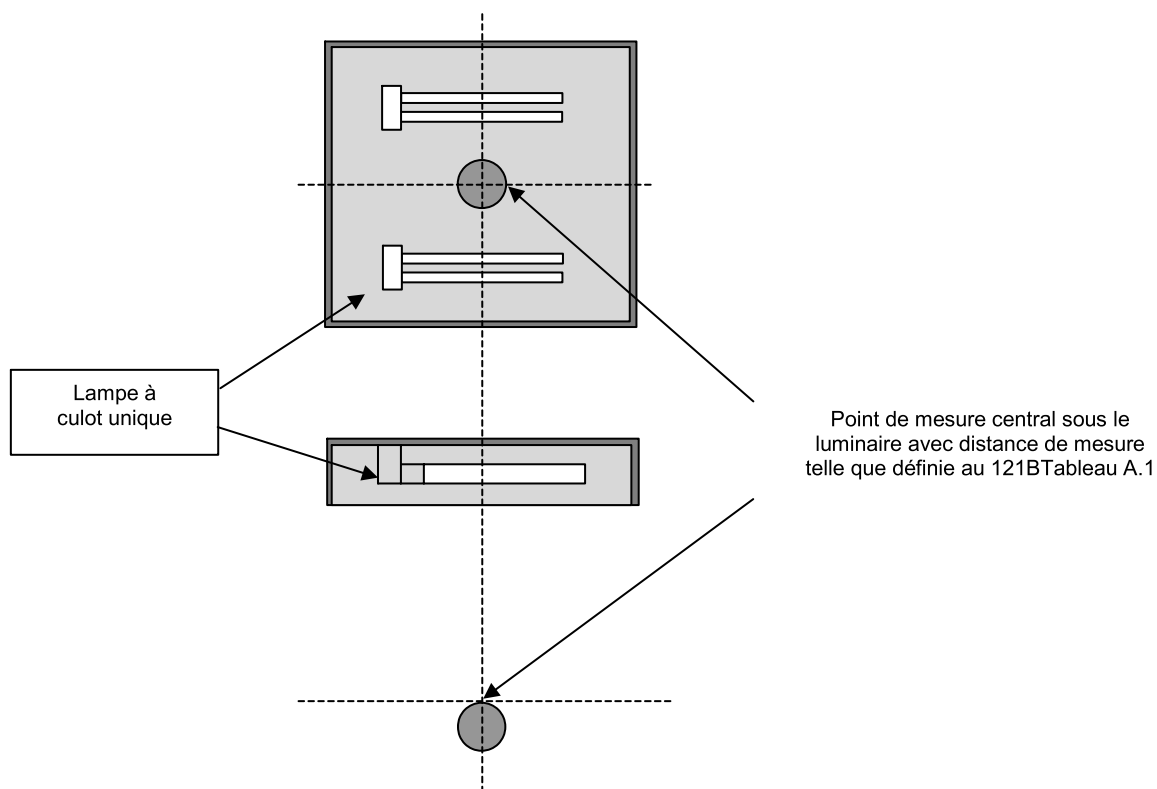
Figure B.4 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage dont les dimensions présentent une symétrie de rotation



Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) fluorescente(s) à un culot ou autres lampes à un culot en sont des exemples.

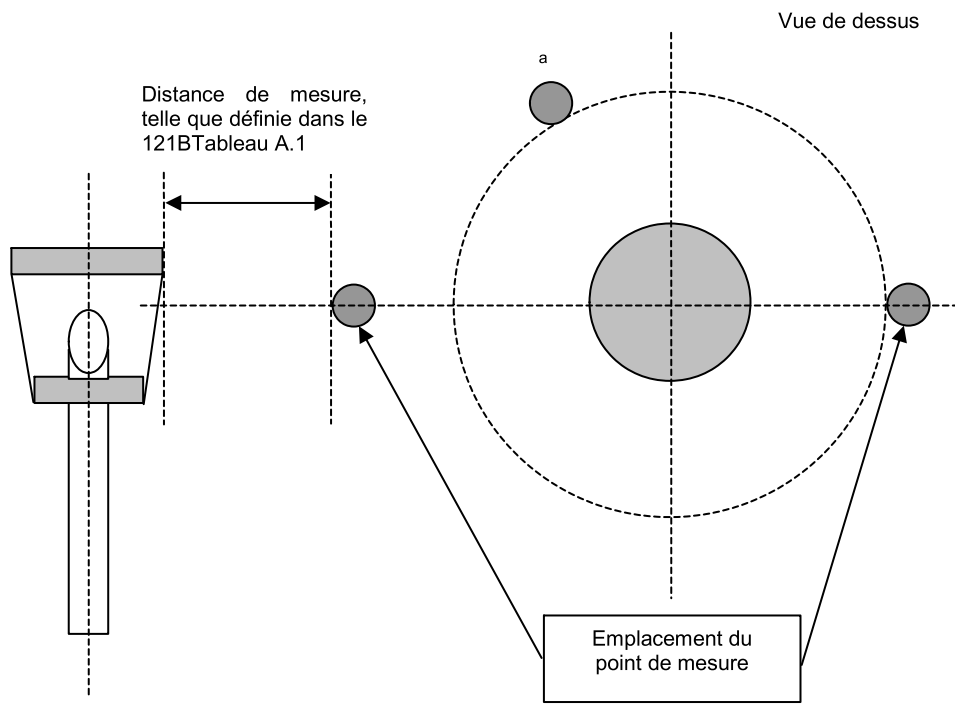
Figure B.5 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage dont les dimensions présentent une symétrie de rotation; dans la direction de l'éclairage



Cela s'applique à l'équipement d'éclairage encastré, monté en surface ou sur poteau.

NOTE Des luminaires avec lampe(s) à un ou deux culots en sont des exemples.

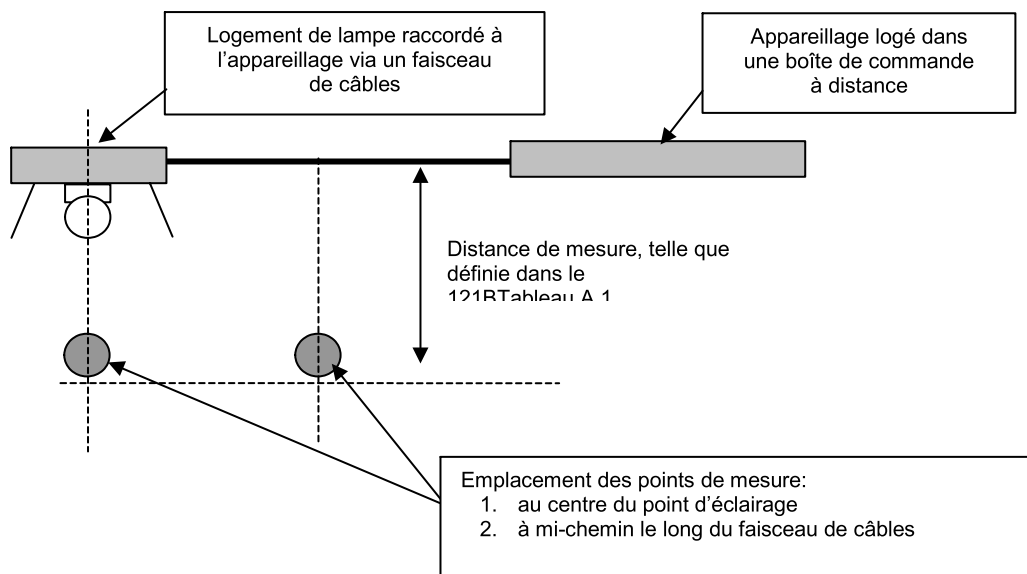
Figure B.6 – Emplacement du point de mesure d'un équipement d'éclairage ayant des dimensions identiques sur l'axe x et l'axe y



IEC

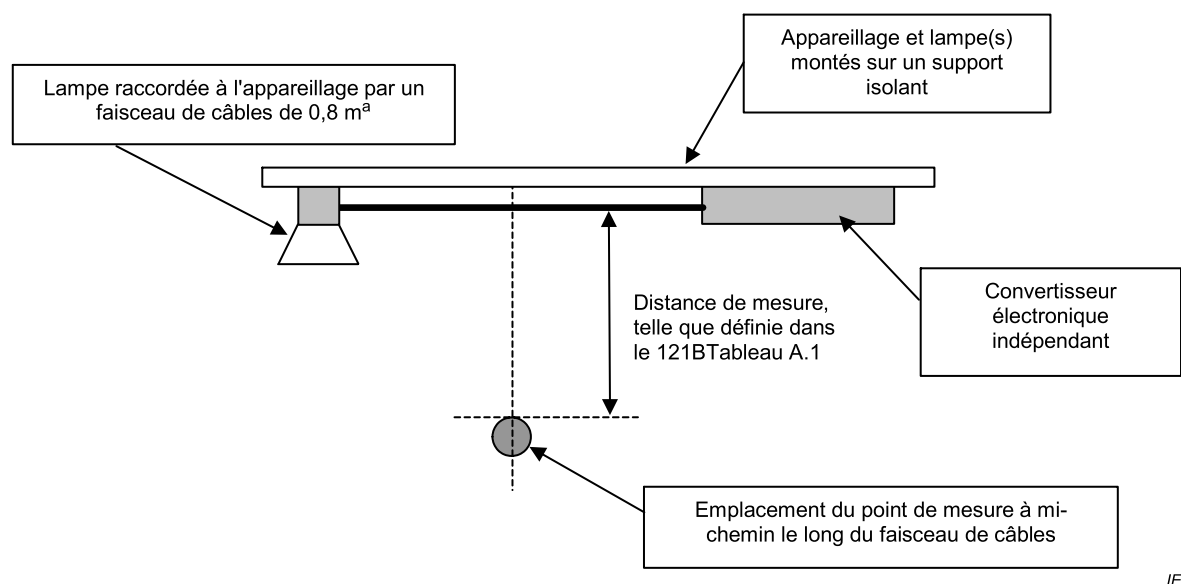
^a Des points de mesure supplémentaires peuvent être appliqués autour du périmètre de l'équipement d'éclairage.

Figure B.7 – Emplacement du ou des points de mesure d'un équipement d'éclairage avec lampe à un seul culot (éclairage à 360°)



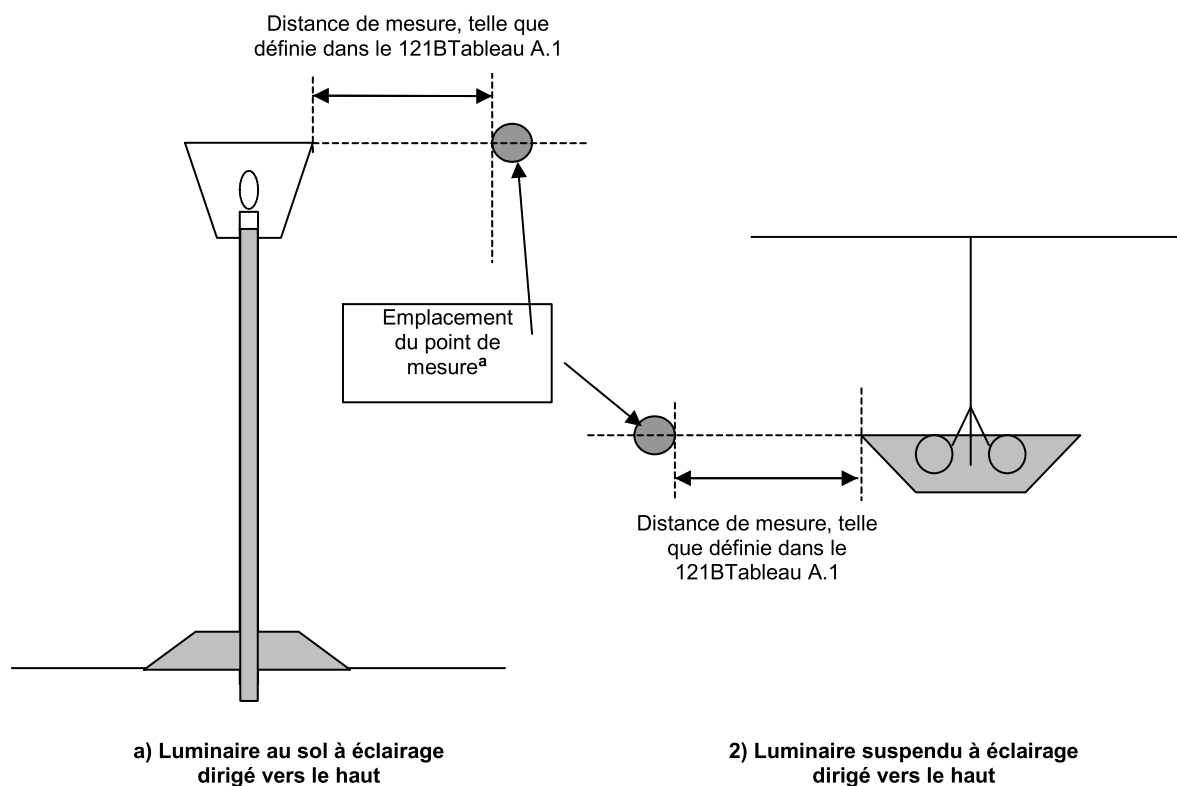
IEC

Figure B.8 – Emplacement des points de mesure d'un équipement d'éclairage muni d'un appareillage à distance



^a Longueur du câble 0,8 m, sauf indication contraire dans les instructions d'installation du fabricant.

Figure B.9 – Emplacement du point de mesure d'un convertisseur électronique indépendant



^a Dans le cas de lampes fluorescentes linéaires, la tête d'essai est perpendiculaire à la (aux) lampe(s), à 15 cm de l'extrémité de la ou des lampes, comme illustré sur la Figure B.2.

Figure B.10 – Emplacement du/des points de mesure d'un luminaire à éclairage dirigé vers le haut (au sol/suspendu)

Annexe C (informative)

Limites d'exposition

C.1 Généralités

Les limites d'exposition indiquées dans cette annexe informative (voir [1], [2], [3] et [4]) sont données pour information seulement; elles ne constituent pas une liste exhaustive et ne sont valables que dans certaines régions du monde. Il est de la responsabilité des utilisateurs de la présente norme de s'assurer qu'ils utilisent la version courante des valeurs limites spécifiées par les autorités nationales concernées.

C.2 ICNIRP

C.2.1 ICNIRP 1998

Le Tableau C.1 donne les restrictions de base concernant l'exposition du grand public aux champs électriques et magnétiques variant dans le temps, pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz (voir [1]):

**Tableau C.1 – Restrictions de base concernant l'exposition
du grand public aux champs électriques et magnétiques variant
dans le temps, pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz**

Gamme de fréquences	DAS moyen (ensemble du corps) W/kg	DAS localisé (tête et tronc) W/kg	DAS localisé (membres) W/kg
100 kHz à 10 GHz	0,08	2	4

C.2.2 ICNIRP 2010

Le Tableau C.2 donne les restrictions de base concernant l'exposition du grand public aux champs électriques et magnétiques variant dans le temps pour des fréquences allant jusqu'à 10 MHz (voir [2]):

**Tableau C.2 – Restrictions de base concernant l'exposition
du grand public aux champs électriques et magnétiques variant
dans le temps pour des fréquences allant jusqu'à 10 MHz**

Caractéristique d'exposition	Gamme de fréquences	Champ électrique interne V/m
Tissu du système nerveux central de la tête	1 Hz à 10 Hz	$0,1/f$
	10 Hz à 25 Hz	0,01
	25 Hz à 1 000 Hz	$4 \times 10^{-4}f$
	1 000 Hz à 3 kHz	0,4
	3 kHz à 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$
Tous les tissus de la tête et du corps	1 Hz à 3 kHz	0,4
	3 kHz à 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$
<i>f</i> est la fréquence en Hz.		
Toutes les valeurs sont des valeurs efficaces.		

C.3 IEEE

Le Tableau C.3 donne les restrictions de base IEEE concernant le grand public entre 0 Hz and 3 kHz (voir [4]), et le Tableau C.4 donne les restrictions de base IEEE entre 100 kHz et 3 GHz pour le grand public (voir [3]).

Tableau C.3 – Restrictions de base (BR) de l'IEEE pour le grand public

		Niveau d'action ^a			Personnes dans des environnements contrôlés		
Tissu exposé	F_e Hz	E_0	eff.	V/m	E_0	eff.	V/m
Cerveau	20	$5,89 \times 10^{-3}$			$1,77 \times 10^{-2}$		
Cœur	167	0,943			0,943		
Extrémités	3 350	2,10			2,10		
Autres tissus	3 350	0,701			2,10		
E_0 est la rhéobase du champ in situ. f_e est le paramètre de fréquence.							
^a Dans cette gamme de fréquences, le terme "niveau d'action" est équivalent au terme "grand public" dans la norme IEEE C95.6-2002.							

NOTE Les entrées du Tableau C.3 et d'autres endroits de la présente norme sont parfois arrondies à trois chiffres après la virgule. Ce degré de précision est fourni de sorte que le lecteur puisse suivre les diverses dérivations et relations présentées dans la présente norme; il n'implique pas que les grandeurs numériques soient connues avec une telle précision.

Tableau C.4 – Restrictions de base (BR) de l'IEEE entre 100 kHz et 3 GHz pour le grand public

		DAS ^b pour le niveau d'action ^a	DAS pour les personnes dans des environnements contrôlés ^c
		W/kg	W/kg
Exposition de l'ensemble du corps	Moyenne pour l'ensemble du corps (WBA)	0,08	0,4
Exposition localisée	Localisée (moyenne spatiale de crête)	2 ^c	10 ^c
Exposition localisée	Extrémités ^d et pavillons de l'oreille	4 ^c	20 ^c
^a Restrictions de base pour le grand public, lorsqu'aucun programme de sécurité RF n'existe.			
^b Le DAS est moyenné sur la base des temps d'intégration appropriés.			
^c Moyenné sur 10 g de tissu (défini comme un volume de tissu en forme de cube, le volume du cube étant d'environ 10 cm ³).			
^d Les extrémités correspondent aux bras et aux jambes, respectivement distaux des coudes et des genoux.			

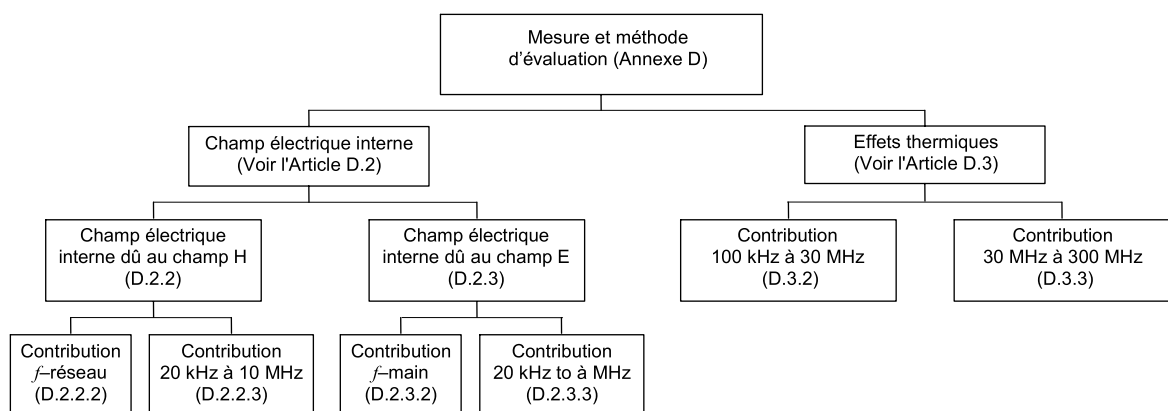
Annexe D (informative)

Méthode justificative d'évaluation et de mesure

D.1 Généralités

La méthode ICNIRP et IEEE d'évaluation et de mesure de la conformité de l'exposition, fournie dans la présente Annexe (voir la Figure D.1), comprend une évaluation du champ électrique interne (voir l'Article D.2) et des effets thermiques (voir l'Article D.3). L'évaluation de la présente annexe repose sur le cas où l'équipement ne contient pas d'éléments rayonnants intentionnels et où les émissions électromagnétiques imprévues de l'équipement satisfont aux exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) qui s'appliquent aux équipements d'éclairage. Par exemple, la Norme internationale IEC relative aux perturbations électromagnétiques des équipements d'éclairage (CISPR 15) a été appliquée dans la présente annexe. Toutefois, une évaluation similaire peut être réalisée à l'aide d'autres normes d'émission CEM. Il est à noter que, bien que les calculs donnés dans la présente Annexe soient basés sur les limites CISPR 15, le fait de dépasser ces limites d'une marge même importante n'est que peu susceptible d'entraîner des risques de sécurité EMF.

Si l'équipement d'éclairage contient des éléments rayonnants intentionnels, un critère de conformité additionnel s'applique. Voir l'Annexe I et l'Article 7 pour plus de détails.



IEC

Figure D.1 – Vue d'ensemble de la méthode d'évaluation et de mesure

D.2 Champ électrique interne induit

D.2.1 Généralités

En fonction des restrictions de base, le champ électrique interne induit dans une personne (un mannequin) doit satisfaire à l'exigence de l'Equation (D.1):

$$\sum_{f_i = 1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.1})$$

où

$E(f_i, d)$ est le champ électrique interne induit à la fréquence f_i et à une distance de mesure d selon l'Annexe A;

$E_{\text{Lim}}(f_i)$ est la restriction de base de la densité du champ électrique interne à la fréquence f_i , correspondant au Tableau C.1.

Le champ électrique induit dans la personne (le mannequin) peut être causé par:

- des courants de Foucault dans la personne (le mannequin) en raison du champ magnétique de l'équipement d'éclairage soumis à essai, comme décrit en D.2.2.
- des courants capacitifs allant de l'équipement d'éclairage soumis à essai à la personne (le mannequin) en raison du champ électrique, comme décrit en D.2.3.

L'Equation (D.1) peut donc être réécrite de la manière suivante :

$$\sum_{f_i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.2})$$

où

$E_{\text{eddy}}(f_i, d)$ est le champ électrique interne induit dû au champ magnétique externe à la fréquence f_i et à une distance d selon l'Annexe A

$E_{\text{cap}}(f_i, d)$ est le champ électrique interne induit dû au champ électrique externe à la fréquence f_i et à une distance d selon l'Annexe A

Les fréquences des convertisseurs de puissance dans l'équipement d'éclairage sont supérieures à 20 kHz, afin d'éviter les bruits audibles et les interférences infrarouges. Compte tenu de ces éléments, l'Equation (D.2) peut être réécrite de la manière suivante:

$$\sum_{f_i=1\text{Hz}}^{20\text{kHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{Hz}}^{20\text{kHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.3})$$

La fréquence du réseau de 50 Hz ou 60 Hz est la seule composante de fréquence appropriée dans la gamme de fréquences comprise entre 1 Hz et 20 kHz. L'Equation (D.3) peut donc être réécrite de la manière suivante:

$$\underbrace{\frac{E_{\text{eddy}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}}_{(\text{D.4.a})} + \underbrace{\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}}_{(\text{D.4.b})} + \underbrace{\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}}_{(\text{D.4.c})} + \underbrace{\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}}_{(\text{D.4.d})} \leq 1 \quad (\text{D.4})$$

Les paragraphes D.2.2 et D.2.3 indiquent la contribution de chacune des sous-parties suivantes de l'Equation (D.4).

D.2.2 Champ électrique induit dû au champ magnétique; $E_{\text{Foucault}}(f_i, d_{\text{boucle}})$

D.2.2.1 Généralités

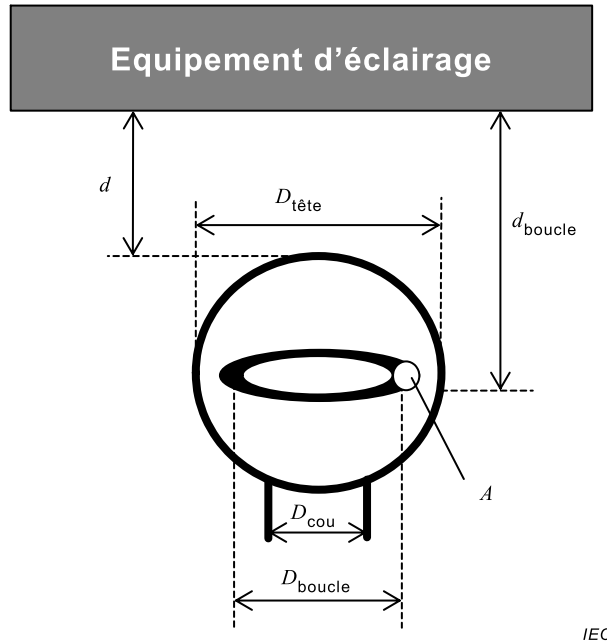


Figure D.2 – Distances de la tête, de la boucle et du montage de mesure

La tension induite dans une boucle de la tête (voir la Figure D.2) provoquée par le champ magnétique peut être calculée à l'aide de l'Equation (D.5)

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.5})$$

où

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$ est la tension induite dans une boucle de la tête à la fréquence f_i et à une distance d_{loop} ;

d_{loop} est le diamètre de la boucle dans la tête;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$ est le champ B magnétique à la fréquence f_i et à une distance d_{loop} .

Le courant induit dans une boucle de la tête en raison du champ magnétique peut être calculé à l'aide de l'Equation (D.6)

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\frac{\pi \cdot D_{\text{loop}}}{A \cdot \sigma(f_i)}} \quad (\text{D.6})$$

où

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$ est le courant induit dans une boucle de la tête en raison du champ magnétique à la fréquence f_i et à une distance d_{loop} ;

A est la zone "câblée" de la boucle dans la tête;
 $\sigma(f_i)$ est la conductivité de la boucle dans la tête à la fréquence f_i .

Enfin, la densité de courant dans la boucle de la tête provoquée par le champ magnétique, à une certaine fréquence f_i et à la distance d_{loop} , peut être calculée à l'aide de l'Equation (D.7)

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.7})$$

Le champ électrique induit interne peut être déterminé au moyen de la relation

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \sigma(f_i) \cdot E(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.8})$$

Cela permet finalement d'obtenir l'expression suivante pour le champ électrique interne:

$$E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.9})$$

D.2.2.2 Contribution $f_{\text{réseau}}$ de la densité de courant induit provoquée par le champ magnétique

Le champ B mesuré à la fréquence du réseau et à une distance $d = 0,3$ m par rapport à l'équipement d'éclairage est d'environ 60 nT. Avec $D_{\text{loop}} = D_{\text{head}} = 0,21$ m, les données suivantes peuvent être calculées (voir le Tableau D.1):

Tableau D.1 – Calculs de champ électrique interne induit

$f_i = f_{\text{réseau}}$ Hz	$E_{\text{Foucault}}(f_i, d)$ à $f_{\text{réseau}}$ et $d = 0,3$ m nA/m ²	$E_{\text{Lim}}(f_i)$ mA/m ² à $f_{\text{réseau}}$	$\frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)}$ à $f_{\text{réseau}}$ et $d = 0,3$ m
50	0,99	0,02	49×10^{-6}
60	1,2	0 024	49×10^{-6}

La limite du champ électrique et le champ électrique induit augmentent tous deux proportionnellement à la fréquence (dans cette gamme de fréquences), par conséquent la relation du Tableau D.1 est constante.

Il peut être déduit que la contribution au champ électrique induit dans la tête, provoquée par le champ magnétique à la fréquence du réseau et à une distance de mesure $d = 0,3$ m peut être négligée.

D.2.2.3 Contribution 20 kHz à 10 MHz du champ électrique induit, provoquée par le champ magnétique

La contribution la plus défavorable du champ électrique induit dans la tête, provoquée par le champ magnétique dans la zone des fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz et à une distance de mesure d , peut être déterminée en utilisant par exemple le niveau maximal

possible des émissions magnétiques rayonnées de la CISPR 15 [9]. Selon la CISPR 15, le courant maximal induit par l'équipement d'éclairage à la fréquence f_i dans la grande antenne-cadre (LLA)² de 2 m est donné par la Figure D.3.

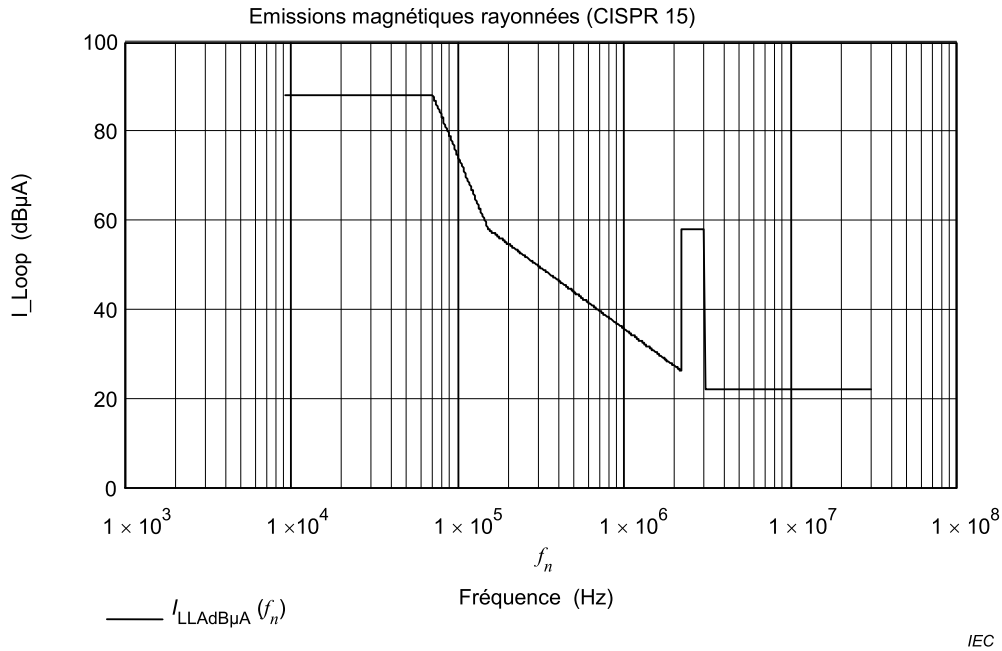


Figure D.3 – Courant maximal dans la LLA de 2 m, en fonction de la fréquence

Le courant maximal à la fréquence f_i dans la LLA de 2 m de la Figure D.3 peut être converti sous la forme du champ B maximal à la fréquence f_i et à une distance arbitraire d .

La conversion peut être expliquée comme suit:

Un dipôle magnétique virtuel d'une superficie A_{dipole} située au centre de la LLA de 2 m possède une inductance mutuelle avec la LLA de 2 m de:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{\text{dipole}}}{D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.10})$$

où

M est l'inductance mutuelle entre le dipôle magnétique virtuel et la LLA de 2 m;

A_{dipole} est la superficie du dipôle magnétique virtuel;

D_{LLA} est le diamètre de la LLA de 2 m, qui est égal à 2 m.

Le moment du dipôle magnétique virtuel est $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$

où $I_{\text{dipole}}(f_i)$ est un courant virtuel de fréquence f_i dans le dipôle magnétique virtuel.

La tension induite dans la LLA est:

² Large loop antenna *en anglais*.

$$V_{\text{ind}}(f_i) = 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot M \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \quad (\text{D.11})$$

Le courant dans la LLA est:

$$I_{\text{LLA}}(f_i) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{\text{LLA}}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{L_{\text{LLA}} D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.12})$$

où L_{LLA} est l'inductance de la LLA de 2 m et est égale à 9,65 μH

A partir de la limite fixée pour le courant dans la LLA, le moment du dipôle magnétique virtuel $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$ peut être calculé. L'intensité du champ H dans la direction où elle est à son maximum peut à son tour être calculée à partir de ce moment du dipôle magnétique virtuel. Les calculs sont effectués jusqu'à 10 MHz, par conséquent la plus petite longueur d'onde est de 30 m et la transition entre le champ proche et le champ lointain est à $30/2 \pi = 4,8$ m. Pour les EMF, la grandeur intéressante est la densité du courant induit à une distance plus faible, tous les calculs reposant donc sur la condition de champ proche, dans laquelle $H \approx 1/d^3$. L'intensité maximale du champ à la distance d_{loop} peut être exprimée par:

$$H(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.13})$$

où $d_{\text{loop}} = d + (D_{\text{head}}/2)$.

D'après cette relation, le champ B maximal à la fréquence f_i et à une distance arbitraire d_{loop} est défini par:

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.14})$$

Dans le cas le plus défavorable, les champs B dans les directions x , y et z atteignent tous la valeur maximale. Le champ B résultant peut être calculé grâce à l'Equation (D.13):

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.15})$$

L'Equation (D.7) peut donc être réécrite sous la forme de l'Equation (D.16):

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.16})$$

Ou être exprimée en fonction du champ électrique interne:

$$E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.17})$$

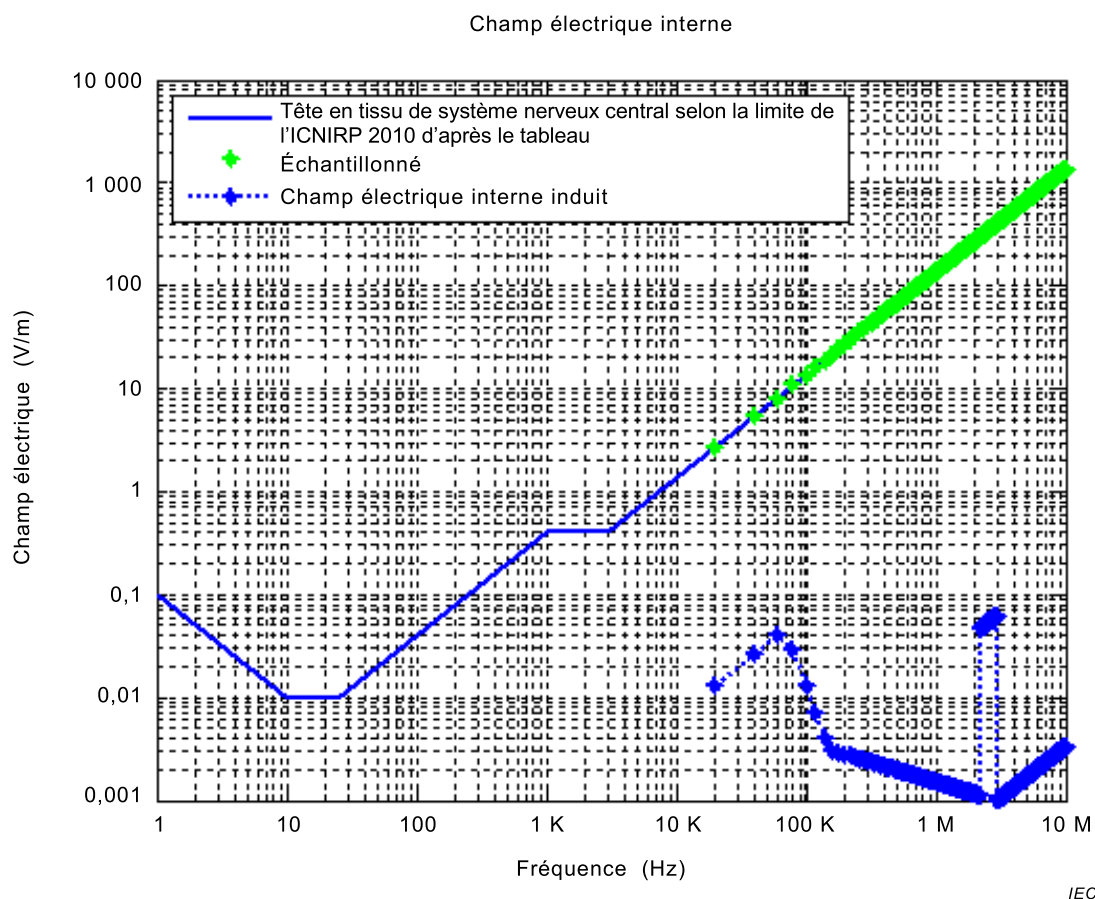


Figure D.4 – Champ électrique interne induit et niveaux limites associés

La contribution la plus défavorable du champ électrique dans la tête, provoquée par le champ magnétique dans la zone des fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz et à une distance $d = 0,3$ m peut à présent être calculée en additionnant toutes les harmoniques provenant de la source de perturbation à l'intérieur de l'équipement d'éclairage.

La Figure D.4 décrit à la fois la limite du champ électrique et le champ électrique induit pour ce cas spécifique. Pour une alimentation électrique en mode commuté ayant une fréquence de commutation fondamentale de 20 kHz, seules les harmoniques impaires contribuent. Dans ce cas:

$$\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \text{ et } \leq 0,02$$

Cette contribution est relativement faible, et une contribution relativement faible peut être rencontrée si d'autres normes sur les émissions CEM (autres que la CISPR 15) sont utilisées comme référence. En outre, l'approche utilisée dans cette évaluation est très prudente, en partant du principe que les émissions imprévues sont présentes sur toute la gamme de fréquences à l'étude et que le niveau d'émission se trouve juste à la limite à toutes ces fréquences. Ceci est très improbable; en pratique, les niveaux d'émission imprévus ne sont proches de la limite que sur une gamme de fréquences limitée, voire uniquement sur un petit nombre de composantes spectrales discrètes. De plus, il convient de noter qu'une méthode d'addition défavorable est utilisée, car les relations de phase susceptibles d'être présentes dans le cas d'harmoniques ne sont pas prises en compte. La Figure D.5 montre un exemple de la façon dont le résultat d'un essai de champ magnétique utilisant la LLA peut se présenter.

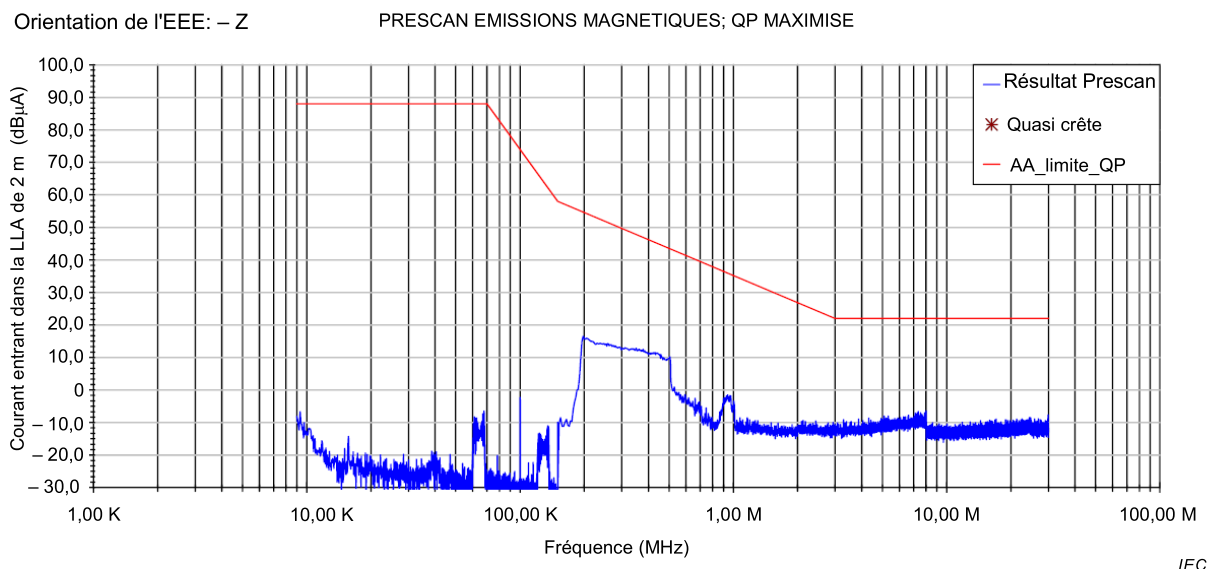


Figure D.5 – Exemple de résultat d'essai de champ magnétique utilisant la LLA

Conclusion:

Si l'équipement d'éclairage satisfait à la CISPR 15, la contribution de la limite d'émission de champ magnétique mesurée par l'intermédiaire de la LLA est négligeable, et l'Equation (D.4) peut se simplifier en prenant la forme de l'Equation (D.18):

$$\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.18})$$

D.2.3 Champ électrique induit dû au champ électrique; $E_{\text{cap}}(f_i, d)$

D.2.3.1 Généralités

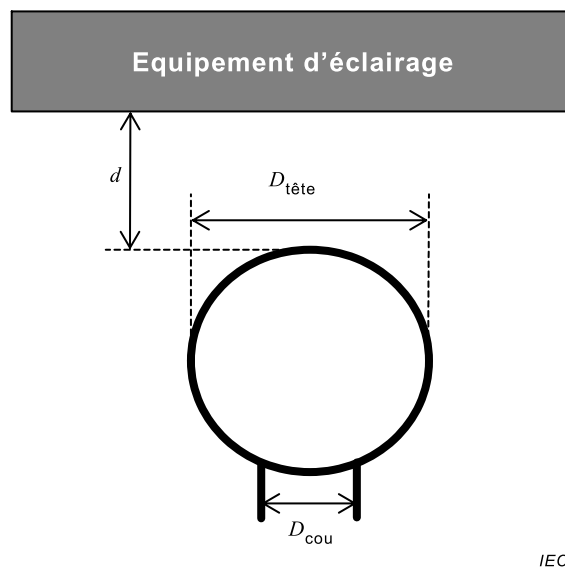
La contribution du champ électrique au champ électrique induit dans la tête est mesurée à l'aide d'un mannequin placé à proximité de l'équipement d'éclairage à une distance de mesure d , selon le Tableau A.1 et une position conforme à l'Annexe B. Le mannequin utilisé est le modèle de corps humain homogène décrit à la Figure C.3 de l'IEC 62311:2007.

La tête du mannequin est supposée se trouver le plus près possible de l'équipement d'éclairage et que la densité de courant maximale (et par conséquent le niveau de champ électrique) se trouve dans le cou. Par conséquent, seule la tête (une sphère métallisée présentant un diamètre extérieur de $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$) est utilisée comme "tête d'essai de courant". Le diamètre du cou $D_{\text{neck}} = 110 \text{ mm}$ est utilisé dans les calculs de champ électrique interne. Pour les détails concernant la "tête d'essai de courant", appelée tête de "Van der Hoofden", se reporter à 5.5.

NOTE La densité de courant dans le cou est homogène puisque l'effet de peau jusqu'à 10 MHz peut être négligé.

D.2.3.2 Contribution $f_{\text{réseau}}$ du champ électrique interne induit, provoquée par le champ électrique

La contribution du réseau au champ électrique interne induit est calculée d'après la construction la plus défavorable suivante: L'équipement d'éclairage est une grande plaque à V_{mains} par rapport à la terre (voir la Figure D.4).



IEC

Figure D.6 – Distances entre la tête et le montage de mesure

La capacité parasite entre une grande plaque et une sphère peut être calculée par les formules de W.R. Smythe [5] (pour la configuration, voir la Figure D.6):

$$\alpha = \cosh^{-1} \left[2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad (\text{D.19})$$

$$C_{\text{Sphere_plate}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \cdot \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad (\text{D.20})$$

Dans la plupart des situations pratiques, $N = 50$ suffit

Avec $d = 0,3 \text{ m}$: $C_{\text{Sphere_plate}} = 3 \text{ pF}$ (voir la Figure D.7).

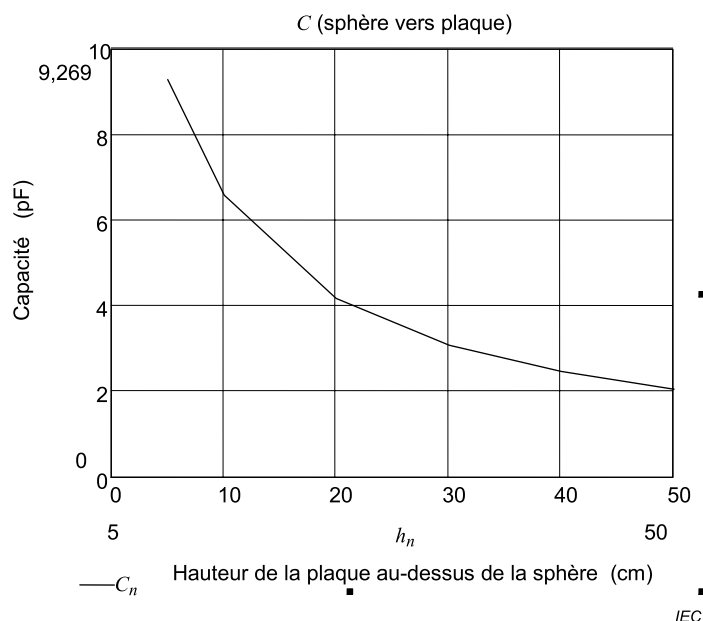


Figure D.7 – Courbe de l'Equation (D.20)

La densité de courant dans le cou causée par le réseau peut être calculée à l'aide de l'Equation (D.21).

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = \frac{U_{\text{mains}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{mains}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{neck}}^2} = 661 \cdot 10^6 \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.21})$$

Le champ électrique interne résultant dans le cou peut être calculé à l'aide de l'Equation (D.8):

$$E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = 661 \cdot 10^6 \cdot \sigma(f_{\text{mains}}) \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.22})$$

L'Equation (D.22) est calculée en utilisant $\sigma(f_{\text{mains}}) = 0,09$ et différentes fréquences du réseau et tensions réseau. Les résultats sont donnés dans le Tableau D.2.

Tableau D.2 – Calcul des contributions du réseau

U_{mains} V	f_{mains} Hz	$E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)$ à f_{mains} et $d = 0,3 \text{ m}$ $\mu\text{A}/\text{m}^2$	$E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})$ mA/m^2	$\frac{E_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{E_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}$ à f_{mains} et $d = 0,3 \text{ m}$
230	50	0,25	0,02	0,013
120	60	0,16	0,024	0,007
277	60	0,37	0,024	0,015

Les résultats des calculs, indiqués dans la dernière colonne du Tableau D.2, montrent que la contribution du réseau peut être négligée, et l'Equation (D.18) peut être simplifiée comme suit:

$$\sum_{f_i=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.23})$$

Le terme de gauche de cette Equation (D.23) est égal au facteur F ; voir 3.1.4 et l'Equation (E.7).

D.2.3.3 Contribution 20 kHz à 10 MHz du champ électrique interne, provoquée par le champ électrique:

La contribution du champ électrique au champ électrique interne dans la tête dans la gamme de fréquences comprise entre 20 kHz et 10 MHz doit être mesurée avec un récepteur EMI, conformément à la Figure 3 et à l'Equation (D.23).

Le pas en fréquence de l'addition est déterminé à l'aide de la CISPR 16-1-1. Selon la CISPR 16-1-1, le filtre IF du récepteur a pour fonction de transfert celle de l'Equation (D.24):

$$H(f) := \left[\frac{2}{1 + \left(1 + j \cdot \frac{f}{B_6} \cdot 2\sqrt{2} \right)^2} \right]^2 \quad (\text{D.24})$$

Le module de l'Equation (D.24) est exprimé dans l'Equation (D.25).

$$|H(f)| := \frac{1}{1 + \left(\frac{2f}{B_6} \right)^4} \quad (\text{D.25})$$

Le pas en fréquence de l'addition d'amplitude est défini par l'Equation (D.26):

$$f_{\text{step_ampl}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad (\text{D.26})$$

L'Equation (D.26) donne un pas en fréquence pour l'addition d'amplitude égal à 1,11 fois B_6 . Voir le Tableau D.3.

Tableau D.3 – Pas en fréquence pour l'addition d'amplitude égal à 1,11 fois B_6

Gamme de fréquences	B_6 conformément à la CISPR 16-1-1	$f_{\text{pas_ampl}}$
20 kHz à 150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz à 10 MHz	9 kHz	10 kHz

L'Equation (D.23) peut donc être réécrite sous la forme de:

$$\sum_{\substack{f_i=20\text{kHz} \\ \text{Step}=220\text{Hz}}}^{150\text{kHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{\substack{f_i=150\text{kHz} \\ \text{Step}=10\text{kHz}}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_i, d)}{E_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.27})$$

L'Annexe E comprend une méthode d'évaluation et de mesure pratique pour évaluer l'Equation (D.27).

D.3 Effets thermiques de 100 kHz à 300 GHz

D.3.1 Généralités

Les effets thermiques sont considérés conformes si la puissance des émissions rayonnées est ≤ 20 mW, conformément à l'IEC 62479. Dans l'Article D.3, il est démontré que la puissance des émissions rayonnées est bien inférieure à la limite de basse puissance de 20 mW de l'IEC 62479 pour n'importe quel équipement d'éclairage qui satisfait aux normes CEM internationales telles que la CISPR 15. À titre d'exemple, dans ce paragraphe, la contribution aux effets thermiques est calculée d'après les limites d'émission de la CISPR 15.

L'Equation (D.28) constitue la première étape pour démontrer que la puissance rayonnée est ≤ 20 mW:

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100\text{ kHz}}^{300\text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100\text{ kHz}}^{30\text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30\text{ MHz}}^{300\text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \quad (\text{D.28})$$

Le pas en fréquence de la somme est déterminé à l'aide de la CISPR 16-1-1, comme expliqué en D.2.3.3.

Le pas en fréquence de l'addition des puissances peut être défini par l'Equation (D.29):

$$f_{\text{step_power}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \cdot df \quad (\text{D.29})$$

La résolution de l'Equation (D.29) donne un pas en fréquence pour l'addition des puissances égal à 0,833 fois B_6 . Voir le Tableau D.4.

Tableau D.4 – Pas en fréquence pour l'addition des puissances égal à 0,833 fois B_6

Gamme de fréquences	B_6 conformément à la CISPR 16-1-1	$f_{\text{pas_puissance}}$
100 kHz à 150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz à 30 MHz	9 kHz	7,5 kHz
30 MHz à 300 MHz	120 kHz	100 kHz

D.3.2 Contribution 100 kHz à 30 MHz aux effets thermiques

La tension de borne (TB) maximale de l'émission conduite est définie par la CISPR 15. L'émission rayonnée est maximale si cette TB n'est provoquée que par un courant de mode commun et si le câble d'alimentation par le réseau agit comme doublet demi-onde à n'importe quelle fréquence. Pour un doublet demi-onde, on sait que l'impédance du rayonnement est de 73 Ω . D'après ces éléments, on peut calculer la puissance maximale rayonnée dans cette gamme de fréquences à l'aide de l'Equation (D.30).

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} I_{\text{cm}}^2(f_i) \cdot 73 \quad (\text{D.30})$$

où

$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz})$ est la puissance rayonnée maximale [W] entre 100 kHz et 30 MHz;

$I_{\text{cm}}(f_i)$ est le courant en mode commun [A] à la fréquence f_i .

En appliquant la loi de Kirchhoff, on peut réécrire l'Equation (D.30) de la manière suivante :

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{50/2} \right)^2 \cdot 73 + \sum_{f_i=150 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{50/2} \right)^2 \cdot 73 \quad (\text{D.31})$$

Step=167 Hz Step=7,5 kHz

où

$TV_{\text{lim}}(f_i)$ sont les limites de tension de borne selon la CISPR 15 à la fréquence f_i .

Lorsque l'Equation (D.31) est résolue, on obtient le résultat suivant:

$$P_{\text{rad,max}}(100\text{kHz to } 30\text{MHz}) \leq 5,98 [\text{mW}]$$

Cette contribution est relativement faible, et une contribution relativement faible peut être rencontrée si d'autres normes sur les émissions CEM (autres que la CISPR 15) sont utilisées comme référence. Il convient également de noter que le modèle de ce calcul est très prudent, car il part du principe que le DEE et le câble d'alimentation par le réseau se comportent comme un doublet demi-onde à toutes les fréquences comprises entre 100 kHz et 30 MHz. En réalité, le DEE plus le câble constituent une antenne très inefficace avec une résistance au rayonnement qui est bien inférieure à la résistance au rayonnement présenté par un doublet demi-onde adapté (voir par exemple Balanis [8] pour ce qui concerne les petits doublets). En outre, l'approche utilisée dans cette évaluation est très prudente, en partant du principe que les émissions imprévues sont présentes sur toute la gamme de fréquences à l'étude et que le niveau d'émission se trouve juste à la limite à toutes ces fréquences. Ceci est très improbable; en pratique, les niveaux d'émission imprévus ne sont proches de la limite que sur une gamme de fréquences limitée, voire uniquement sur un petit nombre de composantes spectrales discrètes. De plus, il convient de noter qu'une méthode d'addition défavorable est appliquée, car les relations de phase susceptibles d'être présentes dans le cas d'harmoniques ne sont pas prises en compte. La Figure D.8 montre un exemple de ce à quoi le résultat d'un essai d'émission conduite peut ressembler en pratique.

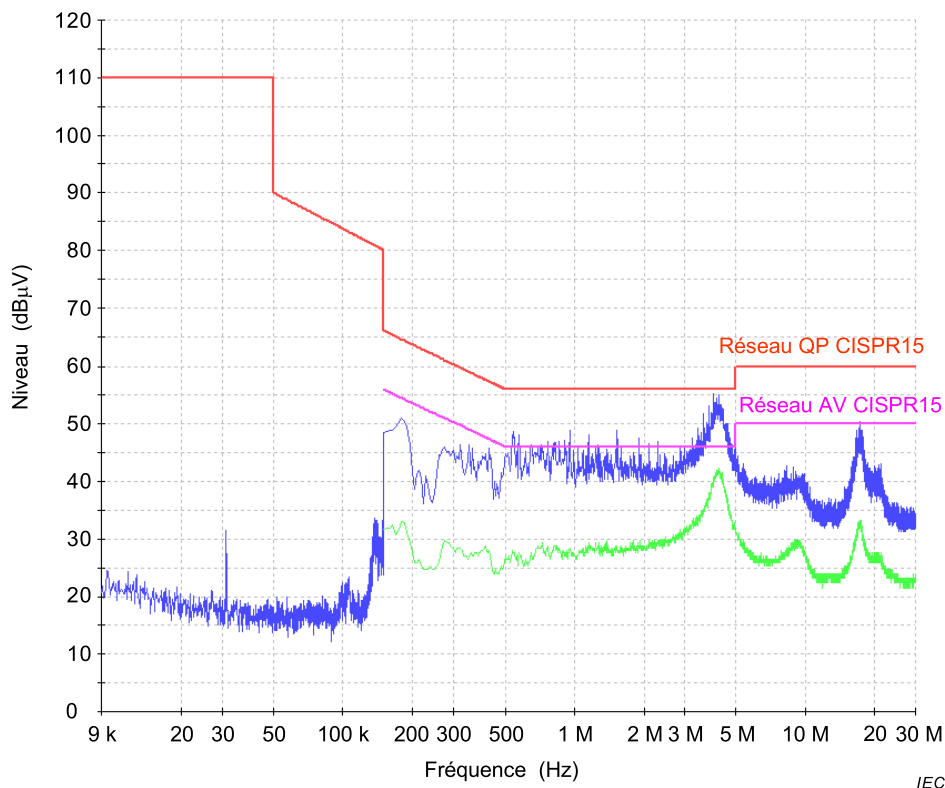


Figure D.8 – Exemple du courant c_m mesuré au moyen d'un essai d'émission conduite

Conclusion:

La contribution thermique $P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) \approx 0$ et peut par conséquent être négligée.

D.3.3 Contribution 30 MHz à 300 MHz aux effets thermiques

Si, par exemple, l'équipement d'éclairage satisfait aux exigences relatives aux émissions rayonnées de la CISPR 15 alors dans le cas le plus défavorable, l'équipement d'éclairage rayonne comme un doublet demi-onde, quelle que soit la fréquence. La puissance maximale rayonnée dans la direction principale du champ est donnée par l'Equation (D.32):

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) = \sum_{\substack{f_i = 30 \text{ MHz} \\ \text{Step}=100 \text{ kHz}}}^{300 \text{ MHz}} \left(\frac{r \cdot E_{\text{lim}}(f_i, r)}{7} \right)^2 \quad (\text{D.32})$$

où

$E_{\text{lim}}(f_i, r)$ est la limite du champ électrique [V/m] à la fréquence f_i .

Conformément à la CISPR 15, les limites de l'intensité du champ sont les suivantes données dans le Tableau D.5:

Tableau D.5 – Limites d'intensité du champ selon la CISPR 15

Gamme de fréquences MHz	E_{lim} dB μ V/m	E_{lim} μ V/m	r m
30 à 230	30	31,6	10
230 à 1 000	37	70,8	10

Lorsque l'Equation (D.32) est résolue, on obtient le résultat suivant:

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) \leq 0,10 [\text{mW}]$$

Ici encore, cette contribution est très faible, et l'on peut s'attendre également à rencontrer une contribution relativement faible si l'on utilise comme références d'autres normes sur les émissions CEM (autres que la CISPR 15). Il convient également de noter que le modèle de ce calcul est très prudent, car il part du principe que le DEE et le câble d'alimentation par le réseau se comportent comme un doublet demi-onde sur cette gamme de fréquences. En réalité, le DEE plus le câble constituent une antenne très inefficace avec une résistance au rayonnement qui est bien inférieure à la résistance au rayonnement provenant d'un doublet demi-onde adapté (voir par exemple Balanis [8]). En outre, l'approche utilisée dans cette évaluation est très prudente, en partant du principe que les émissions imprévues sont présentes sur toute la gamme de fréquences à l'étude et que le niveau d'émission se trouve juste à la limite à toutes ces fréquences. Encore une fois, ceci est très improbable; en pratique, les niveaux d'émission imprévus ne sont proches de la limite que sur une gamme de fréquences limitée, voire uniquement sur un petit nombre de composantes spectrales discrètes. De plus, il convient de noter qu'une méthode d'addition défavorable est appliquée, car les relations de phase susceptibles d'être présentes dans le cas d'harmoniques ne sont pas prises en compte.

Conclusion:

La contribution thermique $P_{\text{rad,max}}$ entre 30 MHz et 300 MHz est proche de 0 et peut donc être négligée.

D.3.4 Conclusion globale concernant la contribution aux effets thermiques

La contribution thermique dans la gamme comprise entre 100 kHz et 300 MHz est négligeable, et elle est donc considérée comme satisfaisant aux exigences relatives aux effets thermiques de l'ICNIRP et de l'IEEE si l'équipement d'éclairage ne contient pas d'éléments rayonnant volontairement. Si l'équipement d'éclairage contient des éléments rayonnant volontairement, alors d'autres critères de conformité s'appliquent. Pour les détails, voir l'Annexe I, l'Article 4 et l'Article 7.

Annexe E (normative)

Méthode pratique d'évaluation et de mesure des champs électriques internes

E.1 Mesure du champ électrique interne induit

Le champ électrique interne doit être mesuré entre 20 kHz et 10 MHz, conformément à l'Article 5.

La présente Annexe E donne un exemple s'appuyant sur un récepteur EMI qui génère des données de sortie dans une matrice (feuille de calcul) où la fréquence (MHz) est stockée dans la colonne 0 et la tension mesurée (dBμV) dans la colonne 1. Ces données de sortie doivent être traitées par le programme de calcul de l'Article E.2.

E.2 Programme de calcul

Les données mesurées sont une matrice dont la fréquence f_n (MHz) figure dans la colonne 0 et dont la tension mesurée $V(f_n)$ (dBμV) figure dans la colonne 1.

La tension mesurée $V(f_n)$ (dBμV) de la colonne 1 doit être convertie en $V(f_n)$ (V), à l'aide de l'Equation (E.1).

$$V(f_n)[V] = 10^{\frac{V(f_n)[dB\mu B]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad (E.1)$$

La tension $V(f_n)$ (V) doit être convertie en un courant $I_{cap}(f_n)$ (A), à l'aide de la fonction de transfert $g(f_n)$ (V/A), déterminée par le réseau de protection en 5.4, donnée dans l'Equation (E.2)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{cap}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad (E.2)$$

La densité de courant $J_{cap}(f_n)$ (A/m²) est donnée par l'Equation (E.3)

$$J_{cap}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{neck}} \quad (E.3)$$

où

$$A_{neck} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2$$

La densité de courant mesurée $J_{cap}(f_n)$ peut être exprimée en fonction du champ électrique interne:

$$E_{\text{cap}}(f_n) = \frac{V(f_n)}{\sigma(f_n) \cdot g(f_n) \cdot A_{\text{neck}}} \quad (\text{E.4})$$

où les valeurs de conductivité $\sigma(f_n)$ en fonction de la fréquence peuvent être calculées à l'aide de l'Equation (E.5)

$$\sigma(f_n) = a \cdot (f_n \cdot 10^6)^b + c \quad (\text{E.5})$$

où $a = 3,629 \cdot 10^{-5}$, $b = 0,528\ 3$ and $c = 0,108\ 7$.

L'Equation (E.5) fournit une approximation des valeurs comprises entre 10 kHz et 10 MHz du Tableau E.1.

**Tableau E.1 – Conductivité en fonction de la fréquence
(voir Tableau C.1 de l'IEC 62311:2007)**

Fréquence	Conductivité						
	S/m						
Fréquence	10 Hz	100 Hz	1 000 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
Cerveau (matière grise)	0,03	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,29

Le champ électrique induit $E_{\text{cap}}(f_n)$ doit prendre une valeur assignée correspondant à la valeur limite $E_{\text{Lim}}(f_n)$ et doit être additionné afin de déterminer le facteur F , donné par l'Equation (E.6)

$$F = \sum_{f=20\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{\text{cap}}(f_n)}{E_{\text{Lim}}(f_n)} \quad (\text{E.6})$$

où

$$E_{\text{Lim}}(f_n) = 1,35 \cdot 10^2 \cdot f_n \text{ et } f_n \text{ en MHz}$$

La taille de pas est définie dans le Tableau 2.

E.3 Critère de conformité pour l'essai de tête de Van der Hoofden

Avec les résultats provenant des estimations prudentes présentées à l'Annexe D, le champ électrique interne relatif additionné résultant des quatre termes de l'Equation (D.4) peut se résumer de la façon suivante:

(D.4.a) Paragraphes D.2.2.1 et D.2.2.2 négligeable	+	(D.4.b) Paragraphe D.2.2.3 négligeable	+	(D.4.c) Paragraphe D.2.3.2 négligeable	+	(D.4.d) Paragraphe D.2.3.3 et Annexe E <i>F</i> est à mesurer avec la tête de Van der Hoofden	≤	(D.4) 1	(E.7)
--	---	---	---	--	---	--	---	----------------	-------

Lorsque l'on remplit le résultat F de l'essai de Van der Hoofden, l'Equation (E.7) se réduit au critère de conformité suivant:

Le facteur de conformité F du champ électrique interne induit mesuré, pondéré et additionné dû au champ électrique externe dans la gamme de fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz ne doit pas être supérieur à 1; voir l'Equation (E.8).

$$F \leq 1 \quad (E.8)$$

NOTE Un critère de conformité supplémentaire susceptible d'être applicable si l'équipement contient des éléments rayonnants intentionnels (voir l'Annexe I, ainsi que l'Article 4 et l'Article 7 pour plus de détails).

Annexe F (normative)

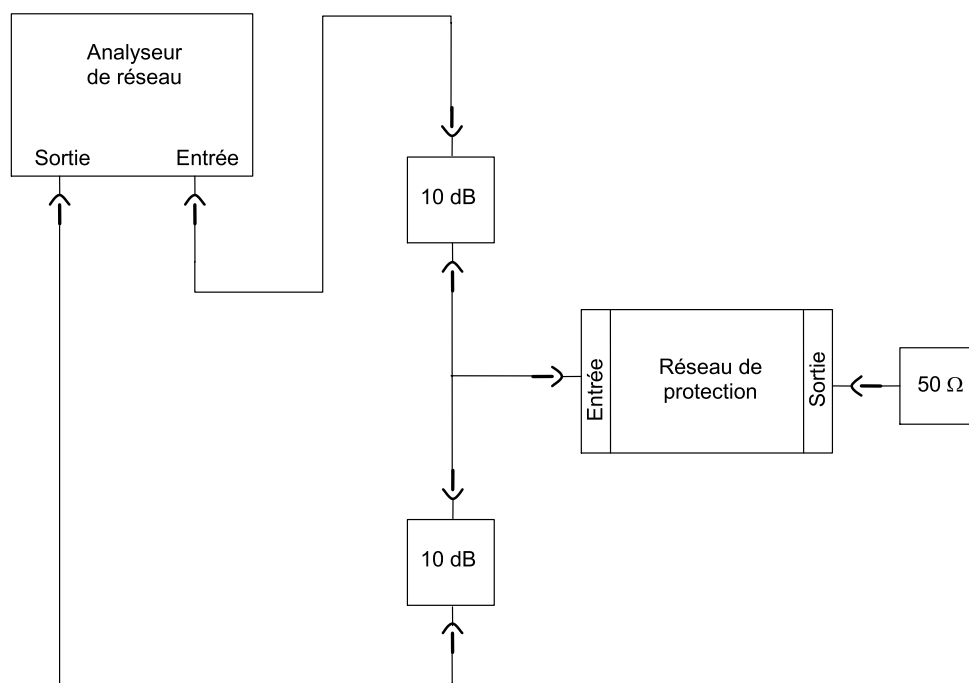
Réseau de protection

F.1 Etalonnage du réseau de protection

L'étalonnage doit être réalisé d'une manière similaire à celui d'un réseau fictif (réseau en V), comme décrit dans la CISPR 16-1-2 [10].

L'accès d'entrée et l'accès de sortie du réseau de protection ne sont pas adaptés à l'impédance caractéristique de $50\ \Omega$ de l'analyseur de réseau (NWA). Du fait de cette propriété, l'étalonnage doit être effectué en deux étapes:

Etape 1:

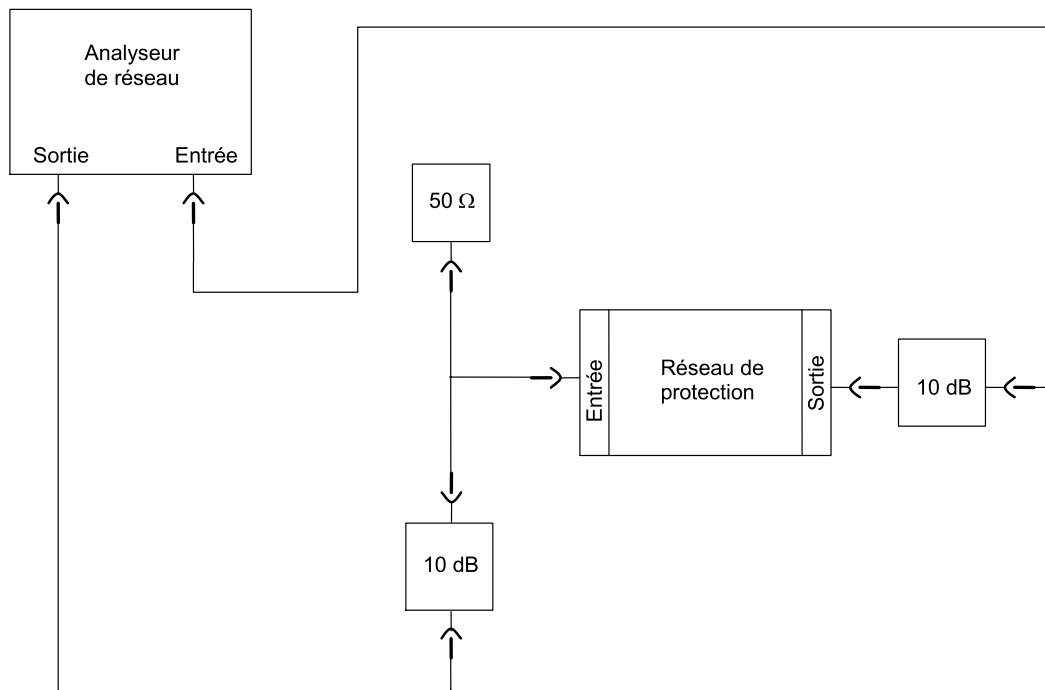


IEC

Figure F.1 – Montage d'essai pour l'étalonnage de l'analyseur de réseau

Une fois l'analyseur de réseau étalonné avec le montage d'essai représenté sur la Figure F.1, le circuit doit passer à la nouvelle configuration illustrée sur la Figure F.2.

Etape 2:



IEC 2347/09

Figure F.2 – Montage d'essai pour la mesure du facteur de division en tension à l'aide d'un analyseur de réseau

Une fois la fonction de transfert mesurée avec l'analyseur de réseau, elle doit être comparée à la caractéristique théorique.

F.2 Calcul de la caractéristique théorique du réseau de protection

La fonction de transfert donnée dans l'Equation (1) de 5.5 ne peut pas être utilisée pour l'étalonnage. Par conséquent, le calcul de la caractéristique théorique est indiqué ici.

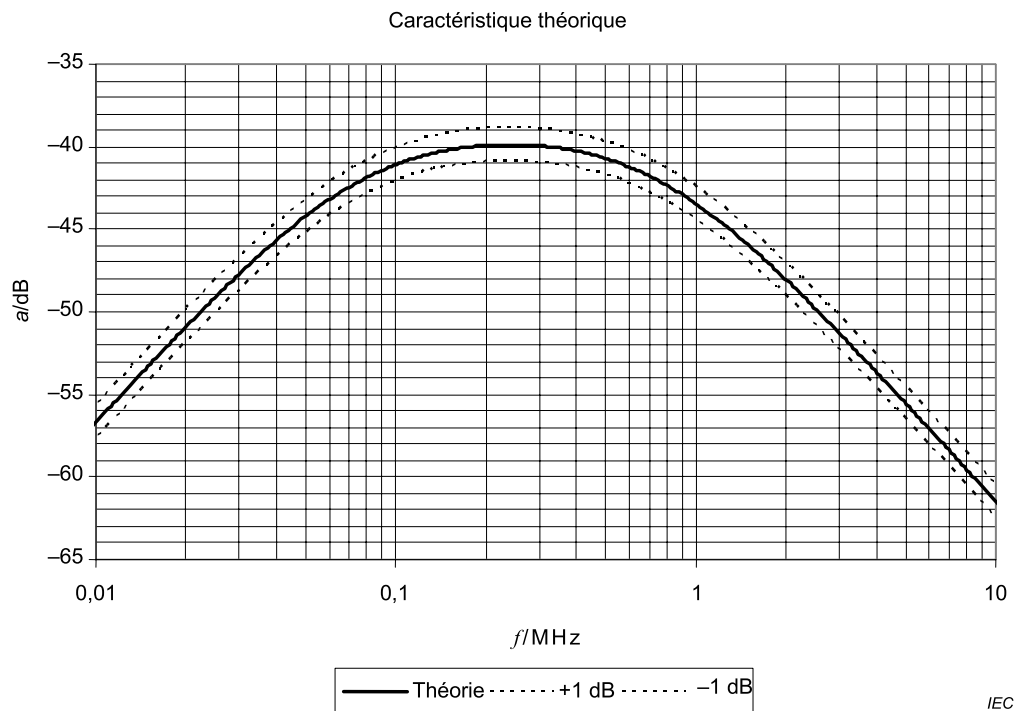
La fonction de transfert théorique (voir la Figure F.3) du réseau de protection pour l'étalonnage avec un analyseur de réseau est indiquée par l'Equation (F.1). Toutes les valeurs, à l'exception de R_{NWA} (l'impédance d'entrée R_{NWA} de l'analyseur de réseau est généralement de 50Ω) peuvent être reprises de la Figure 2.

$$a(f) = 20 \cdot \log \left(\frac{|V_{out}(f)|}{|V_{in}(f)|} \right) \quad (F.1)$$

$$R_{2NWA} = R_2 + R_{NWA} \quad (F.2)$$

$$|V_{out}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2} \quad (F.3)$$

$$|V_{in}(f)| = \sqrt{\left(\left(R_1 + \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2 \right)} \quad (F.4)$$



L'écart maximal autorisé dans l'image est fixé à ± 1 dB.

Figure F.3 – Caractéristique théorique calculée pour l'étalonnage du réseau de protection

Annexe G (informative)

Incertitude liée à l'instrumentation de mesure

Les principales composantes d'incertitude pour la tension mesurée sur la borne de sortie du réseau de protection ont été identifiées et estimées. Toutes les hypothèses émises sont consignées dans le Tableau G.2 et référencées sous forme de notes dans le Tableau G.1 de calcul de l'incertitude réelle.

La tension mesurée V est calculée comme suit:

$$V = V_r + L_c + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta l \quad (G1)$$

**Tableau G.1 – Calcul de l'incertitude pour la méthode de mesure décrite
à l'Article 5 et à l'Article 6 dans la gamme de fréquences comprises
entre 20 kHz et 10 MHz**

Grandeur d'entrée ^a	X_i	Incertitude de x_i		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	Fonction de distribution de probabilité	dB		dB
Lecture du récepteur (1)	V_r	$\pm 0,1$	$k = 1$	0,10	1	0,10
Affaiblissement: Réseau de protection – récepteur (2)	L_c	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05	1	0,05
Corrections du récepteur:						
Tension sinusoïdale (3)	δV_{sw}	$\pm 1,0$	$k = 2$	0,50	1	0,50
Réponse en amplitude à une impulsion (4)	δV_{pa}	$\pm 0,0$	Rectangulaire	0,00	1	0,00
Fréquence de répétition des impulsions (5)	δV_{pr}	$\pm 0,0$	Rectangulaire	0,00	1	0,00
Proximité par rapport au bruit de fond (6)	δV_{nf}	$\pm 0,0$		0,00	1	0,00
Désadaptation: Réseau de protection – récepteur (7)	δM	$\pm 0,085$	En U	0,06	1	0,06
Fonction de transfert, réseau de protection (8)	δg	$\pm 1,0$	Rectangulaire	0,50	1	0,58
Distance entre la tête d'essai et le DEE (9)	δD	$-0,367 / +0,352$	$k = 1$	0,36	1	0,36
Diamètre de la tête d'essai (10)	δd	$-0,423 / +0,365$	$k = 1$	0,39	1	0,39
Longueur du câble ordinaire (11)	δl	$\pm 0,0$		0,00		0,00
Incertitude de mesure combinée: $u_c =$					0,94 dB	
Incertitude de mesure élargie: $2 u_c (V) =$					$\pm 1,88$ dB	
^a Les nombres entre parenthèses renvoient aux commentaires figurant au Tableau G.2.						

Tableau G.2 – Commentaires et informations relatifs au Tableau G.1

Commentaires	Référence à l'Article A.5 de la CISPR 16-4-2:2003 [11]	Données utilisées pour les calculs/déclarations
1) Fluctuation aléatoire de la lecture du récepteur	Note 1	CISPR 16-4-2:2003, Tableau A.1
2) Incertitude liée à la mesure de perte du câble	Note 2	CISPR 16-4-2:2003, Tableau A.1
3) Incertitude liée à la correction sinusoïdale du récepteur	Note 4	CISPR 16-4-2:2003, Tableau A.1
4) Incertitude liée à la correction de la réponse en amplitude à une impulsion du récepteur	–	Puisqu'il existe uniquement des signaux sinusoïdaux et leurs harmoniques, la réponse en amplitude à une impulsion peut être négligée.
5) Incertitude liée à la correction de la fréquence de répétition des impulsions du récepteur	–	Puisqu'il existe uniquement des signaux sinusoïdaux et leurs harmoniques, la réponse en amplitude à une impulsion peut être négligée.
6) Incertitude liée à l'influence du plancher de bruit du récepteur	Note 6	CISPR 16-4-2:2003, Tableau A.1
7) Incertitude liée à la désadaptation entre le récepteur et le réseau de protection	Note 7	CISPR 16-4-2:2003, Tableau A.1
8) Tolérance de la fonction de transfert du réseau de protection. Spécifié comme ± 1 dB de la courbe théorique.	–	–
9) Incertitude liée à la tolérance quant à la distance entre la tête d'essai et le dispositif en essai (DEE)	–	6.3 Distance de mesure
10) Incertitude liée à la tolérance de production de la tête d'essai	–	5.5 Exigences en matière d'équipement de mesure
11) L'incertitude liée à la longueur du câble peut être négligée	–	Une expérience a démontré que l'erreur entre 0,2 m et 2,5 m est inférieure à 0,8 %. Selon 6.4 (montage de mesure), la longueur du câble (0,3 m) peut varier de $\pm 0,03$ m. Compte tenu de ces spécifications, il convient que l'erreur soit inférieure à 0,2 %.

Annexe H (informative)

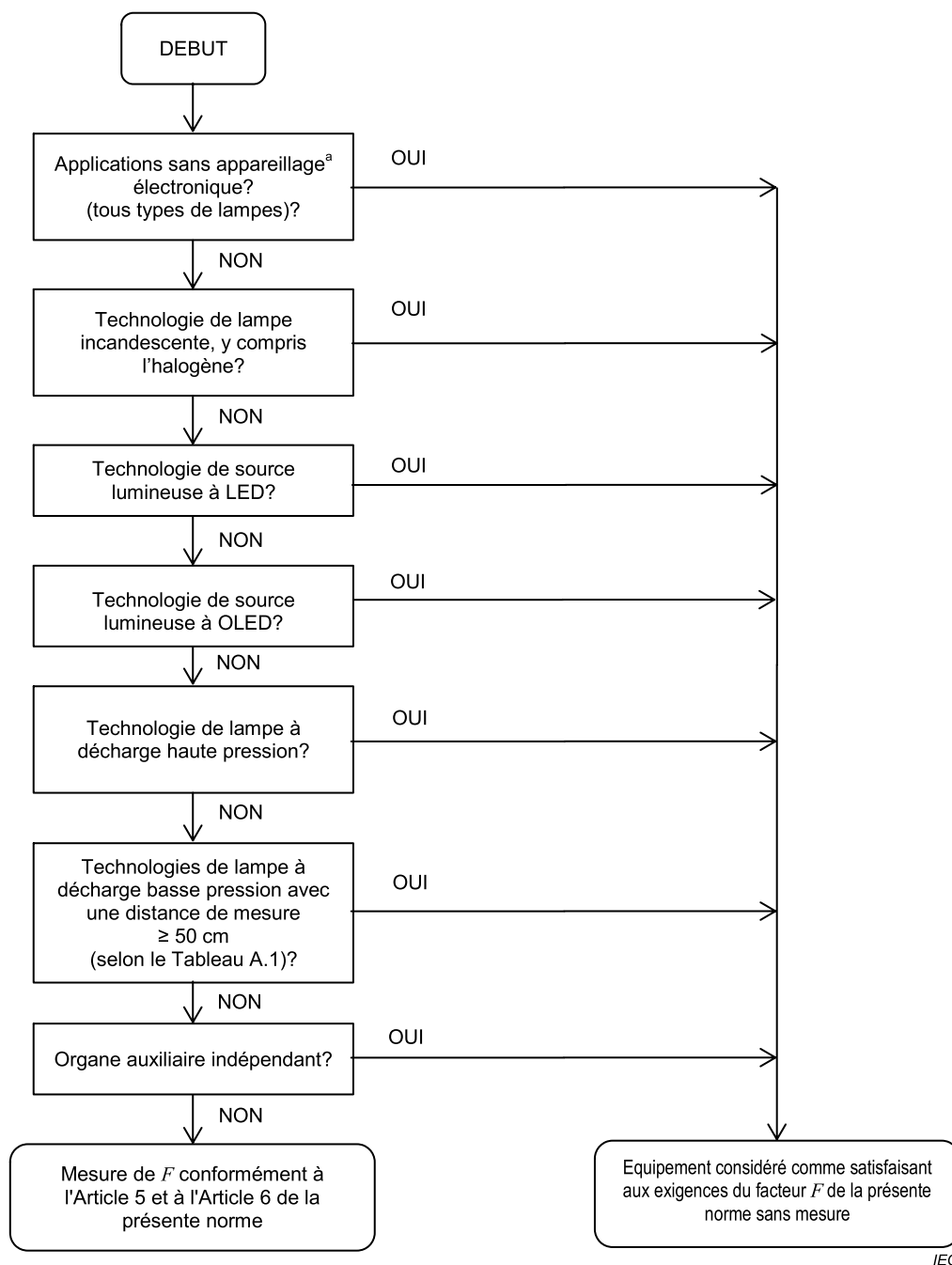
Équipement considéré conforme

En Allemagne, une campagne de mesures d'EMF effectuées sur un vaste échantillon d'équipements d'éclairage a été menée avec l'essai de tête de Van der Hoofden. Le facteur F a été mesuré selon l'édition précédente de la présente Norme. Les résultats ont été rapportés dans l'IEC TR 62493-1 [7]. Les résultats montrent que sur 161 luminaires soumis à essai, lesquels possédaient différentes technologies de lampe, aucun d'entre eux n'a dépassé la limite. De plus, pour la majorité des équipements d'éclairage, le facteur F mesuré est à peine égal à quelques pour cent de la valeur limite. D'après l'analyse rétrospective décrite en [7], il apparaît évident que les faibles valeurs de F peuvent être prédites de manière plutôt satisfaisante d'après les propriétés physiques et les technologies de l'équipement.

Il n'existe qu'un effet prédominant sur le résultat du facteur de conformité F , qui est le couplage capacitif entre la lampe alimentée dans la gamme de fréquences audio et la tête de Van der Hoofden. Pour une distance et une géométrie données, comme celles du montage de mesure, le signal est proportionnel à la tension de lampe et augmente avec la dimension de la lampe. Lorsqu'un appareil équipé d'une lampe de grande taille réussit à ne pas dépasser la limite tout en gardant une marge considérable, alors n'importe quelle lampe de taille plus réduite ou de tension de fonctionnement plus faible aura une marge encore plus importante par rapport à la limite. Toutes les structures similaires présentent des résultats similaires. Toutes les applications d'éclairage utilisant de petites lampes telles que des LED, des OLED, des halogènes ou des lampes HID se sont avérées très éloignées de la limite.

Par conséquent, les essais superflus sur les équipements d'éclairage peuvent être évités, à la condition que certaines propriétés physiques ou certaines propriétés technologiques de l'équipement soient connues à l'avance. L'organigramme de la Figure H.1 peut être utilisé pour déterminer si certaines catégories d'équipements d'éclairage peuvent être considérées conformes sans essais.

Pour les technologies ou les applications qui ne sont pas mentionnées à la Figure H.1, il est recommandé de déterminer le facteur de conformité F .



^a Les igniteurs, starters, interrupteurs, gradateurs (y compris les unités de réglage de phase telles que les triacs et les GTO) et capteurs de tous types ne sont pas considérés comme des appareillages électroniques

Figure H.1 – Organigramme pour déterminer l'applicabilité de la conformité sans mesure de facteur F

Annexe I (informative)

Éléments rayonnants intentionnels

I.1 Généralités

À mesure que davantage d'équipements d'éclairage sont susceptibles de s'équiper d'éléments rayonnants à radiofréquences intentionnels, il convient que l'évaluation de l'exposition aux EMF prenne en compte également les sources RF intentionnelles (voir en 4.3 et l'Article 7). La présente annexe traite des options et des questions liées à l'évaluation des EMF des éléments rayonnants intentionnels dans les équipements d'éclairage.

I.2 Éléments rayonnants intentionnels dans les équipements d'éclairage

Les sources de rayonnement intentionnelles qui sont susceptibles d'être appliquées aux équipements d'éclairage peuvent être utilisées pour effectuer des commandes ou des détections. Ces sources sans fil utilisent des gammes de fréquences qui sont généralement situées au-dessus de 30 MHz et en dessous de 3 GHz. Le Tableau I.1 donne une présentation des technologies sans fil qui pourraient être utilisées dans les systèmes d'éclairage. Il donne également les propriétés élémentaires telles que la gamme de fréquences, la puissance rayonnée maximale et les rapports cycliques.

EXEMPLE Zigbee et plusieurs systèmes sans fil propriétaires sont utilisés dans la bande de fréquences ISM 433 MHz et les bandes ISM 2,4 GHz (internationale), 915 MHz (Amériques et Australie) et 868 MHz (Europe).

A partir du Tableau I.1, nous voyons que la puissance totale rayonnée peut être spécifiée de plusieurs manières. L'EIRP est la puissance isotrope rayonnée équivalente, qui est le produit de la puissance d'entrée P d'une antenne et d'un gain maximum G de l'antenne, tandis que l'ERP est la puissance apparente rayonnée, qui est l'EIRP divisée par le gain d'une antenne isotrope.

La puissance RF rayonnée maximale est un paramètre important pour l'évaluation de l'exposition.

I.3 Propriétés des antennes dans les applications d'éclairage

Les antennes installées dans les applications d'éclairage sont habituellement des antennes à faible gain. Il s'agit souvent d'une antenne de type doublet intégrée dans un luminaire près d'un plafond (Figure I.1a)), qui peut être considérée comme une antenne située près d'un plan de terre conducteur (Figure I.1b)) ou d'une antenne unipolaire sur un plan de terre. L'antenne se comporte donc, effectivement, à peu près comme une antenne doublet. Une antenne doublet présente un motif de rayonnement omnidirectionnel en forme de beignet et a un gain maximum G de 1,64 (Figure I.2a) et Figure I.2.b)). Du fait des effets de plan de terre, le gain peut atteindre une valeur d'environ G égal 4. La Figure I.2 donne un exemple de distribution de champ d'un doublet dans un espace libre et d'un doublet situé à une certaine distance du plafond, modélisé sous la forme d'un plan de terre parfaitement conducteur. Le modèle s'applique aux formules analytiques d'un doublet et de son image [I.5]. Le résultat montre une augmentation du niveau de champ dans certaines directions et l'apparition de lobes, en fonction de l'orientation du doublet.

La distance d'exposition pour différents types de lampes va de 0,05 m à environ 2 m (Tableau A.1). La gamme de fréquences des technologies sans fil appliquées aux équipements d'éclairage se trouve dans la gamme comprise entre 300 MHz et 3 GHz. La longueur d'onde λ varie donc de 1 m à 0,1 m.

Pour les antennes non directionnelles (de type doublet), la région de champ lointain dans laquelle le champ décroît en $1/d$ est atteinte à une distance d de l'antenne, qui vérifie

$$d > d_{nf-f} = \lambda / 2\pi \quad (\text{I.1})$$

**Tableau I.1 – Présentation des technologies radio sans fil
qui sont susceptibles d'être appliquées aux systèmes d'éclairage**

Nom de la technologie sans fil (norme)	Normalisée	Bande fréq.	Puissance maxi dBm	Puissance max ^a mW	Rapport cyclique ^b
Bande ISM 2,4 GHz	Réglementation radio UIT-R	2,4 GHz à 2,5 GHz	30 dBm (USA) 20 dBm (Europe)	1 W (USA) 100 mW (Europe)	n.a.
W-PAN Zigbee	IEEE 802.15.4-2006 application RF4CE	2 402 MHz à 2 480 MHz	0 dBm à 20 dBm	1 mW à 100 mW	variable normalement de 1 % à 5 %
W-PAN Bluetooth 4.0 (802.15.1)	Classe I	2 402 MHz à 2 480 MHz	20 dBm	100 mW Moyenne 76 mW	76 % ^c
	Classe II	2 402 MHz à 2 480 MHz	4 dBm à 10 dBm	2,5 mW à 10 mW Moyenne 1,9 mW	76 %
	Classe III	2 402 MHz à 2 480 MHz	0 dBm	1 mW Moyenne 0,76 mW	76 %
	BTLE (basse énergie)	2 402 MHz à 2 480 MHz	10 dBm	10 mW	76 %
W-LAN	IEEE 802.11	2,45 GHz ISM 2 400 MHz à 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11b (intérieur/extérieur)	2,45 GHz ISM 2 400 MHz à 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11a	5 150 MHz à 5 725 MHz (Europe)	16 dBm, 23 dBm, 29 dBm avec 6 dBi		
		5 150 MHz à 5 825 MHz (USA)			
		intérieur 5,25 GHz		200 mW (EIRP)	100 %
		intérieur/extérieur 5,6 GHz	30 dBm (EIRP)	1 000 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11g	2,45 GHz 2 400 MHz à 2 483,5 MHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
	IEEE 802.11n	2,45 GHz	20 dBm (EIRP)	100 mW (EIRP)	100 %
KNX-RF	EN 50090-5-3	868,0 MHz à 870,0 MHz	10 dBm 14 dBm maxi	10 mW 25 mW max	1 %
^a La puissance maximale est la valeur moyenne déterminée selon 5.7.3 de l'ETSI EN 300 328:2006 [I.3]; cette norme ETSI exige de déterminer l'EIRP comme si le rapport cyclique était de 100 %. ^b Le rapport cyclique réel peut être inférieur. ^c Le rapport de la puissance réelle émise moyennée dans le temps à la puissance maximale est au maximum de 0,76 [I.4]					

Par conséquent, pour la gamme de fréquences mentionnée ci-dessus, la distance de transition entre le champ proche et le champ lointain va d'environ 1/6 m à environ 1/60 m.

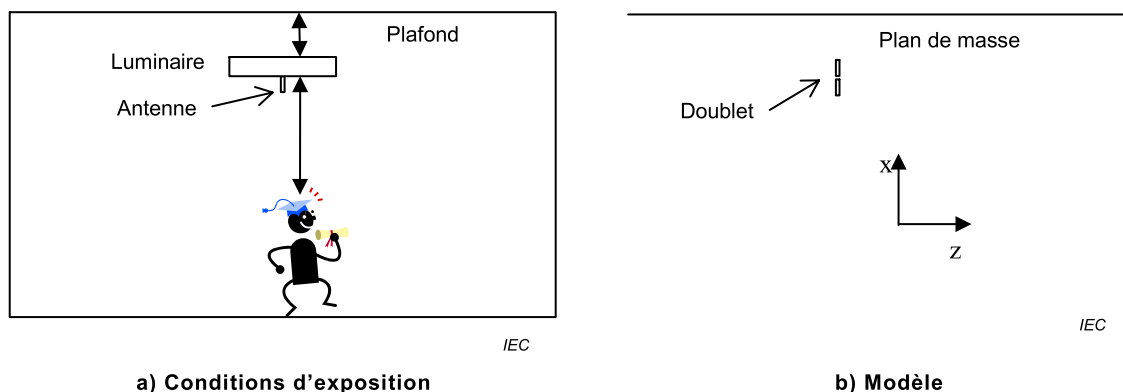
Dans la région de champ lointain, le champ électrique E peut être calculé en utilisant la formule suivante:

$$E(d) = \frac{\sqrt{30PG}}{d} \quad (1.2)$$

où P est la puissance entrant dans l'antenne et G le gain de l'antenne.

La Figure I.3 donne un exemple du champ résultant de la formule analytique pour un doublet situé dans l'espace libre [I.5], comparé à l'approximation du champ lointain de l'Equation (I.2). En introduisant cela dans la condition de champ lointain de l'Equation (I.1) du présent exemple, d_{nf-ff} (433 MHz) = 0,11 m est obtenu.

La Figure I.4 montre le champ électrique résultant d'une antenne rayonnante avec trois niveaux de puissance d'entrée et pour deux valeurs de gain types. Les résultats montrent que la distance, la puissance et le gain d'antenne sont des paramètres importants qui déterminent le niveau d'exposition. La Figure I.4 donne également la frontière entre champ proche et champ lointain à la fréquence la plus basse. On peut conclure que pour la gamme des fréquences considérées pour les éléments rayonnants intentionnels (300 MHz à 3 GHz), et pour la plupart des distances d'exposition intéressantes (0,3 m à 2 m), les équations de champ lointain peuvent toujours être appliquées. Pour la distance d'exposition de 0,05 m (lampes de poche), il convient de prendre en considération les effets de champ proche (Figure I.3). Lorsque l'on examine l'influence des différents niveaux de puissance, on peut voir qu'une puissance d'entrée de 20 mW donne systématiquement des niveaux de champ inférieurs à la référence ICNIRP 1998 la plus défavorable de 28 V/m. De plus, pour une puissance d'entrée de 200 mW, le niveau de référence pour le grand public n'est pas dépassé si la distance d'exposition est supérieure à environ 0,2 m.



a) Conditions d'exposition

b) Modèle

Figure I.1 – Luminaire avec antenne d'émission dans une pièce

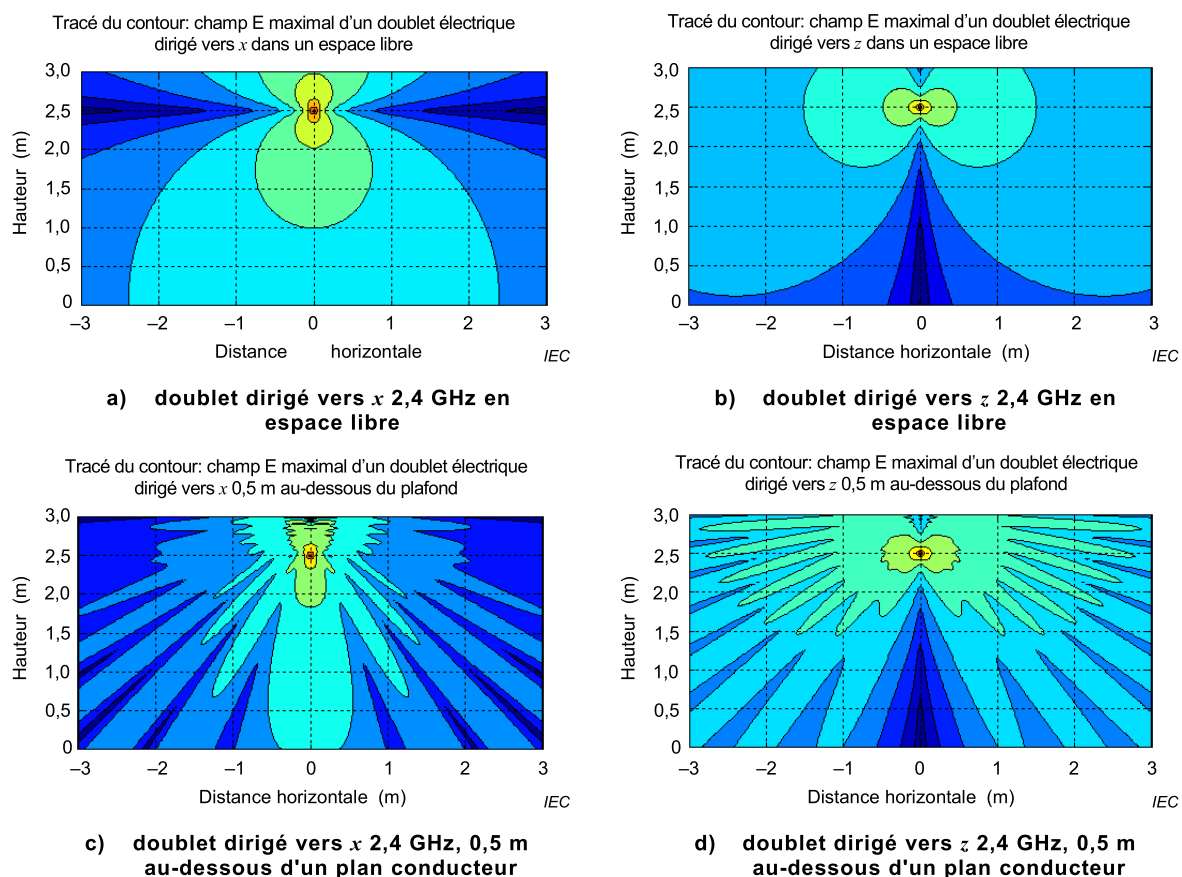
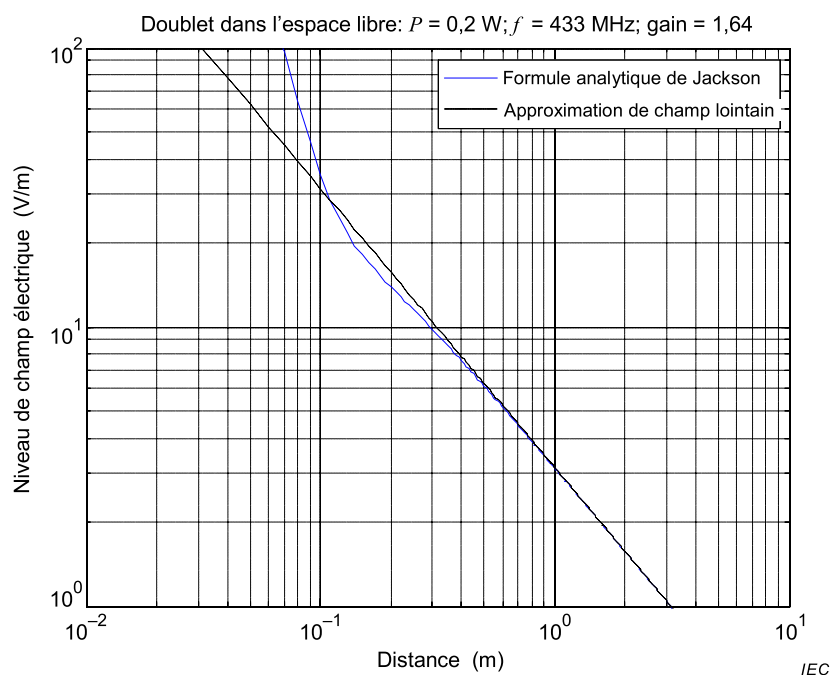
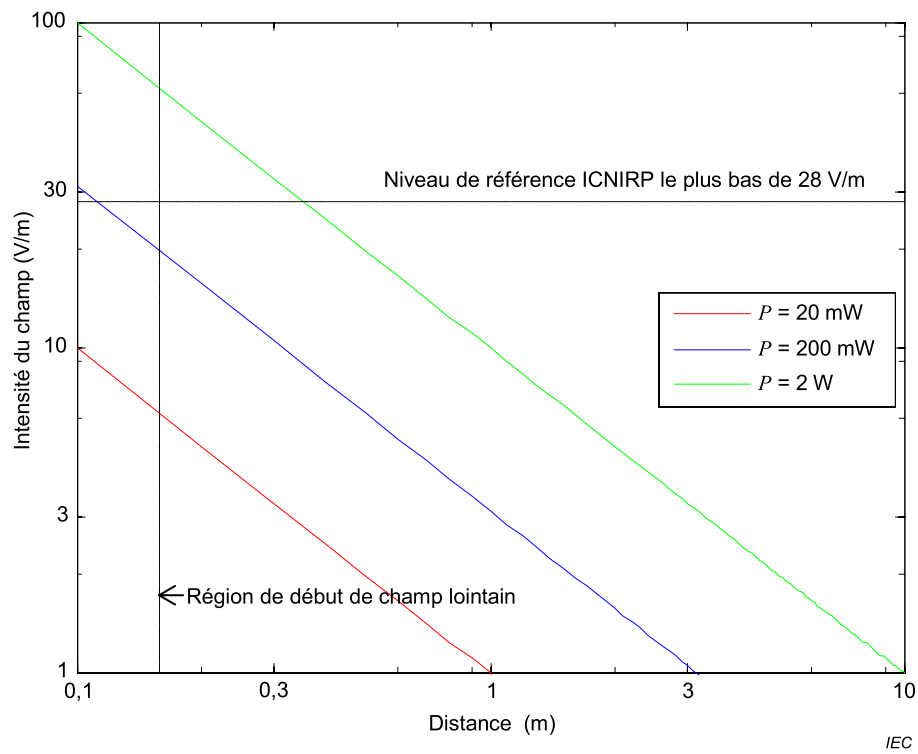


Figure I.2 – Influence d'un plafond/plan conducteur

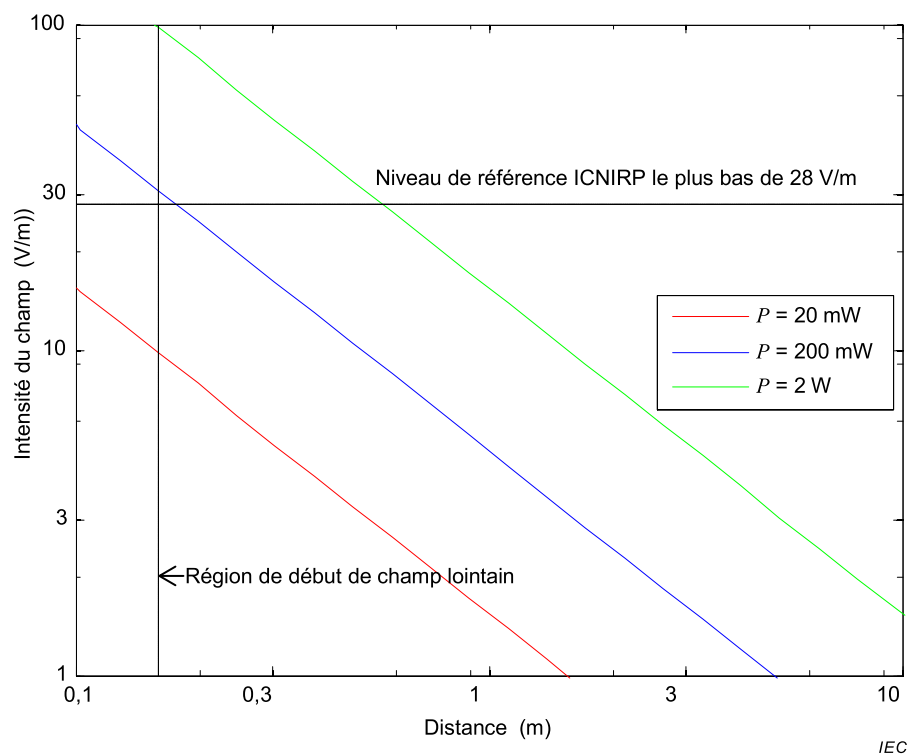
Par conséquent, pour les types de technologies sans fil avec éléments rayonnants intentionnels mentionnés dans le Tableau I.1, et d'après une évaluation utilisant le niveau de référence ICNIRP le plus défavorable, on peut conclure que les éléments rayonnants intentionnels des applications d'éclairage satisfont aux exigences relatives aux expositions (niveau de référence) si la puissance maximale totale entrant dans l'antenne est inférieure à 200 mW. Il convient de noter que ces considérations reposent sur l'application du niveau de référence, et sont généralement plus prudentes que les restrictions de base [I.6][I.7][1].



**Figure I.3 – Champ électrique d'un petit doublet électrique:
formule analytique en fonction de l'approximation de champ lointain**



a) Gain d'antenne = 1,64



b) Gain d'antenne = 4

Figure I.4 – Champ électrique en fonction de la distance, du gain d'antenne et de la puissance d'entrée (approximation de champ lointain)

I.4 Approche d'évaluation d'exposition

I.4.1 Généralités

En règle générale, les EMF peuvent être évaluées en utilisant soit les restrictions de base (BR), soit les niveaux de référence/niveaux d'action. En l'Article I.3, une évaluation générale par rapport au niveau de référence a été décrite. Une autre approche commode pour effectuer cette évaluation repose sur la détermination de la puissance rayonnée moyenne totale de l'élément rayonnant intentionnel. Il s'agit de "l'exclusion à faible puissance", spécifiée dans l'IEC 62479. Dans cette approche, des niveaux d'exclusion à faible puissance sont spécifiés. Si la puissance moyennée (sur 6 min) totale réelle à l'entrée d'un émetteur intentionnel $P_{\text{int,rad}}$ est inférieure au niveau d'exclusion P_{max} , le produit est conforme par conception, sans qu'il y ait lieu de procéder à d'autres essais.

$$P_{\text{int,rad}} < P_{\text{max}} \quad (\text{I.3})$$

Elle peut donc être aisément déduite de la restriction de base sur le DAS de 2 W/kg, qui s'applique à la tête à la fois dans l'ICNIRP 1998 et l'IEEE C95.1-2005, dans un voxel (volume élémentaire) de 10 g de tissu corporel. De ce résultat, il peut être déduit qu'une source RF de 20 mW satisfait tout juste à cette BR si toute la puissance était dissipée dans ce voxel particulier, ce qui est très improbable. L'approche basse puissance 20 mW est donc une approche très commode (mais très prudente), parce qu'il suffit de vérifier la puissance de sortie rayonnée totale d'une source.

I.4.2 Détermination de la puissance totale rayonnée moyenne $P_{\text{int,rad}}$

Le Tableau I.1 montre que certains émetteurs sans fil rayonnent une puissance bien inférieure à 20 mW, tandis que d'autres rayonnent des puissances supérieures. Pour l'approche par exclusion à faible puissance, la puissance émise par l'élément rayonnant intentionnel doit être calculée, moyennée sur 6 min.

Lorsque la puissance totale rayonnée moyenne $P_{\text{int,rad}}$ est calculée, le rapport cyclique maximal du signal émis intentionnellement doit être pris en compte. La limite de DAS et le niveau d'exclusion à faible puissance associé reposent sur un calcul de moyenne sur 6 min. Si les signaux émis intentionnellement sont limités dans le temps, comme dans le cas d'impulsions continues, la puissance du signal pendant les instants où celui-ci est actif peut être bien plus élevée.

La puissance moyenne peut être calculée comme suit:

$$P_{\text{int,rad}} = P_{\text{pulse}} \cdot D_c \quad (\text{I.4})$$

où

$P_{\text{int,rad}}$ est la puissance moyenne émise par l'émetteur intentionnel,

P_{pulse} est la puissance émise par l'émetteur intentionnel durant l'impulsion (de travail),

D_c est le rapport cyclique du signal provenant de l'émetteur intentionnel, qui est le produit de la durée d'impulsion T_{pulse} et de la fréquence de répétition d'impulsions PRF, c'est-à-dire $D_c = PRF \cdot T_{\text{pulse}} = T_{\text{pulse}} / T_{\text{rep}}$. Voir la Figure I.5.

En appliquant cette équation, il convient d'être certain de la manière dont est définie la puissance d'émission de la technologie sans fil (voir le Tableau I.1).

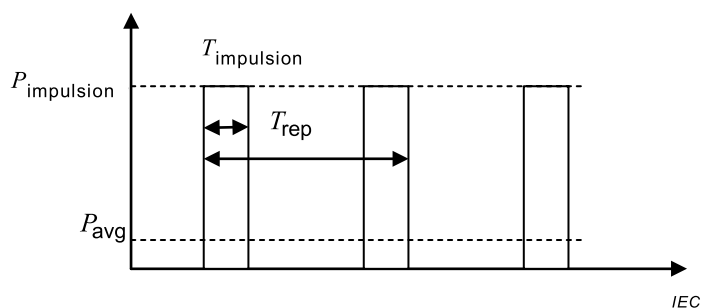


Figure I.5 – Influence des signaux d'impulsions sur l'exposition moyenne

EXEMPLE 1 Soit la puissance émise maximale d'un signal Zigbee de 5 mW, et un rapport cyclique de 5 % (voir le Tableau I.1). La puissance émise maximale correspond à un rapport cyclique de 100 % selon l'ETSI EN 300-328. La puissance émise moyenne selon l'Equation (I.4) est alors de 0,25 mW.

EXEMPLE 2 Une source WiFi a un rapport cyclique théorique de 100 %. Cependant, le rapport cyclique réel de la source WiFi dépend de nombreux facteurs, et le niveau 100 % est véritablement exceptionnel [I.8]. Il en résulte que les niveaux d'exposition réels sont inférieurs d'un facteur d'environ 1 000 à ce que l'on pourrait attendre d'une modélisation basée sur un rapport cyclique de 100 %. Voir le Tableau 2 de [I.8].

I.4.3 Détermination du niveau d'exclusion à faible puissance $P_{\max}$

La norme de base IEC 62479 sur les EMF donne les niveaux d'exclusion à faible puissance $P_{\max}$ d'après les différentes restrictions de base qui s'appliquent et les différentes catégories de personnes exposées (grand public, membres de certaines professions). Voir le Tableau A.1 de l'IEC 62479:2010. Par exemple, pour l'ICNIRP 1998, exposition du grand public, le niveau d'exclusion à faible puissance le plus défavorable est de 20 mW pour la tête et le tronc. Si on le compare aux niveaux de puissance possibles rayonnés par des sources sans fil (Tableau I.1), il semble à première vue que le niveau d'exclusion 20 mW de l'Equation (I.3) soit une valeur très faible. Par exemple, dans le cas d'une source WiFi, aucune conformité ne peut être démontrée en appliquant ce niveau d'exclusion à faible puissance, parce que la puissance rayonnée d'une source WiFi peut être comprise entre 100 mW et 1 000 mW, ce qui est bien plus important que le niveau d'exclusion 20 mW. Il existe cependant des méthodes qui permettent d'augmenter considérablement les niveaux d'exclusion à faible puissance. Les méthodes permettant de déduire d'autres niveaux d'exclusion à faible puissance (plus élevés) sont données dans la norme de base IEC 62479 sur les EMF.

Les calculs de champ présentés à la Figure I.3 permettent de constater facilement que l'intensité du champ diminue avec $1/d$ et que, pour des distances d'exposition plus importantes, il devient extrêmement improbable que la puissance 20 mW d'un émetteur soit capturée par un seul voxel de 10 g. De plus, dans la norme de base IEC 62479 sur les EMF, d'autres niveaux d'exclusion à faible puissance ont été déduits en fonction de la distance d'exposition et en fonction du type d'antenne et de la technologie sans fil.

On peut dériver une formule d'assouplissement plus précise/spécifique en appliquant les formules d'estimation de DAS déduites de [I.10]. Dans ce document, la formule d'estimation de DAS est déduite des propriétés de l'antenne, de la distance et de la fréquence en tant que paramètres. L'Annexe B de la norme de base IEC 62479:2010 sur les EMF donne la méthode de calcul des variantes de niveaux d'exclusion à faible puissance en fonction des distances et du type d'antenne pour des distances d'exposition comprises entre 0,05 m et 0,25 m. Ces variantes de valeurs reposent sur des études menées par Ali et al. [I.9]. Les Figures 3 et 4 de [I.9] montrent quelques résultats en fonction de la fréquence et pour différents types d'antenne. Par exemple, à 900 MHz, pour différents types d'antenne, on peut appliquer en toute sécurité un niveau d'exclusion à faible puissance de 150 mW à une distance de 0,25 m. Il s'agit d'un assouplissement d'un facteur 7,5.

EXEMPLE Pour la technologie WiFi, le Tableau B.1 de l'IEC 62479:2010 donne les autres niveaux d'exclusion suivants pour une masse moyenne de 10 grammes:

- distance 0,05 m: $P_{\text{alt}} = 32 \text{ mW}$
- distance 0,25 m: $P_{\text{alt}} = 328 \text{ mW}$

I.5 Émetteurs multiples d'un luminaire

La façon d'additionner les puissances dépend du type de source. L'IEC TR 62630 est un rapport technique qui donne des lignes directrices pour l'évaluation de l'exposition provenant de multiples sources. Dans le cas de k sources corrélées, la limite supérieure du DAS (SAR)³ est déterminée par (voir 6.5.2.22 de l'IEC TR 62630 [I.11]):

$$SAR_{\text{tot}} \leq \left(\sum_{k=1}^N \sqrt{SAR_k} \right)^2 \quad (I.5)$$

Dans le cas d'un équipement d'éclairage comportant plusieurs éléments rayonnants intentionnels, les contributions des émetteurs intentionnels individuels ne sont généralement pas corrélées. Par conséquent, le DAS ou les densités de puissance des k sources individuelles s'additionnent de manière linéaire comme expliqué en 6.4 de l'IEC TR 62630 [I.11]:

$$SAR_{\text{tot}} = \sum_{k=1}^N SAR_k \quad (I.6)$$

Le DAS étant directement lié aux niveaux d'exclusion à faible puissance, la somme linéaire s'applique également pour la puissance totale des k sources individuelles non corrélées. Par conséquent, la puissance rayonnée totale de toutes les sources de rayonnement intentionnelles doit être additionnée d'une manière linéaire par rapport à chacun des niveaux d'exclusion à faible puissance applicables pour cette technologie sans fil (fréquence, antenne). Le critère de conformité d'exclusion à faible puissance de l'Equation (I.3) devient alors, pour un total de N émetteurs non corrélés:

$$\sum_{k=1}^N \frac{P_{\text{rad}}^k}{P_{\text{max}}^k} < 1 \quad (I.7)$$

À l'Annexe D, il a été démontré que la puissance totale émise par l'émission rayonnée non intentionnelle dans la gamme des fréquences comprise entre 100 kHz et 300 MHz est négligeable. Par conséquent, la contribution du rayonnement non intentionnel peut être ignorée dans l'Equation (I.7).

I.6 Exposition à des luminaires multiples

L'évaluation de l'exposition aux EMF est limitée à un seul luminaire. Le cas des luminaires multiples n'est pas traité. Les raisons en sont les suivantes:

- les normes de produit sur les EMF s'appliquent systématiquement à un produit individuel, pas à une installation;
- à proximité d'un luminaire (par exemple 0,3 m), la contribution de ce luminaire est prépondérante; cela peut être démontré par la modélisation;
- il convient de noter que le gain additionnel dû à l'installation d'un luminaire individuel est pris en compte.

³ Specific absorption rate *en anglais*.

I.7 Références à l'Annexe I

- [I.1] Association KNX: www.knx.org.
- [I.2] Alliance ZigBee: www.zigbee.org.
- [I.3] ETSI EN 300-328:2006-10, V1.7.1, *Systèmes de transmission à large bande – Equipements de transmission de données fonctionnant dans la bande ISM à 2,4 GHz et utilisant des techniques de modulation à large bande; Norme (EN) harmonisée couvrant les exigences essentielles de l'Article 3.2 de la directive R&TTE*
- [I.4] Rapport ITIS, *Development of procedures for the assessment of human exposure to EMF from wireless devices in home and office environments*, 2005-01-29.
- [I.5] J.D. Jackson, *Classical electrodynamics*, 3rd edition, ISBN 0-471-30932-x.
- [I.6] E. Piuze et al, *Analysis of adult and child exposure to uniform plane waves at mobile communication systems frequencies (900 MHz – 3 GHz)*, IEEE Transactions on EMC, vol. 53, no. 1, Feb. 2011.
- [I.7] E. Conil, *Variability analysis of SAR from 20 MHz to 2.4 GHz for different adult and child models using finite-difference time domain*, Physics in Medicine and Biology, vol 53 (2008), pp. 1511-1525.
- [I.8] K.R. Foster, *Radiofrequency exposure from wireless LANS utilizing WiFi technology*, Health Physics, 2007, pp. 280.
- [I.9] M. Ali et al, *Threshold power of canonical antennas for inducing SAR at compliance limits in the 300-3 000 MHz frequency range*, IEEE Transactions on EMC, vol. 49, no. 1, Feb. 2007.
- [I.10] M. Gosselin et al, *Estimation formulas for the specific absorption rate in humans exposed to base-station antennas*, IEEE Transactions on EMC, vol. 53, no. 4, Nov. 2011.
- [I.11] IEC TR 62630:2010-03, *Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources*

Bibliographie

- [1] ICNIRP 1998, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, Health Physics, 1998, vol. 41, no. 4, pp 449_522
- [2] ICNIRP 2010, *Guide pour limiter l'exposition aux champs magnétiques et électriques variables (1 Hz à 100 kHz)*, Health Physics, décembre 2010, volume 99, n° 6, p. 818.
- [3] IEEE Std C95.1-2005, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz* (disponible en anglais seulement)
- [4] IEEE C95.6:2002, *IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz*
- [5] SMYTHE, W.R. *Static and Dynamic Electricity*. McGraw-Hill, 1950
- [6] IEC 61786:1998, *Mesure de champs magnétiques et électriques à basse fréquence dans leur rapport à l'exposition humaine – Prescriptions spéciales applicables aux instruments et recommandations pour les procédures de mesure*
- [7] IEC TR 62493-1, *Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques. Partie 1: Results of the EMF measurement campaign from the VDE Test and Certification Institute and ZVEI, the German Electrical and Electronic Manufacturers' Association* (disponible en anglais seulement)
- [8] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2nd Edition
- [9] CISPR 15:2013, *Limites et méthodes de mesure des perturbations radioélectriques produites par les appareils électriques d'éclairage et les appareils analogues*
- [10] CISPR 16-1-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques. Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations conduites*
- [11] CISPR 16-4-2:2003⁴, *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*
- [12] IEC 62226-2-1:2004, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence – Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques induits dans le corps humain – Partie 2-1: Exposition à des champs magnétiques – Modèles 2D*

⁴ Première édition. Cette édition a été remplacée par CISPR 16-4-2:2011 et CISPR 16-4-2:2011/AMD1:2014

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
www.iec.ch