

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62226-1

Première édition
First edition
2004-11

**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 1:
Généralités**

**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 1:
General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62226-1:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62226-1

Première édition
First edition
2004-11

**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 1:
Généralités**

**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 1:
General**

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Données générales sur les champs électromagnétiques et l'exposition humaine	10
2.1 Généralités	10
2.2 Champ électrique	12
2.3 Champ magnétique	12
3 Termes et définitions, symboles et abréviations	14
3.1 Termes et définitions	14
3.2 Grandeurs physiques et unités	20
3.3 Constantes physiques	22
4 Procédure générale pour l'évaluation de la conformité aux limites de sécurité	22
Bibliographie	24
Figure 1 – Vue générale des différentes méthodes pour évaluer la conformité aux limites d'exposition	22

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 General data on electromagnetic fields and human exposure	11
2.1 General.....	11
2.2 Electric field	13
2.3 Magnetic field.....	13
3 Terms and definitions, symbols and abbreviations	15
3.1 Terms and definitions	15
3.2 Physical quantities and units	21
3.3 Physical constants	23
4 General procedure for assessing compliance with safety limits.....	23
Bibliography.....	25
Figure 1 – Overview of different methods for assessing compliance with exposure limits	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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 1: Généralités

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62226 a été établie par le comité d'études 106 de la CEI: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
106/78/FDIS	106/82/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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 1: General

FOREWORD

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

International Standard IEC 62226 has been prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure.

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

FDIS	Report on voting
106/78/FDIS	106/82/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.

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

La présente Norme internationale constitue la Partie 1 de la série CEI 62226, qui regroupera un certain nombre de normes internationales et rapports techniques dans le domaine du calcul des densités de courant induit et des champs électriques internes induits et sera publiée sous le titre général *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*.

Il est prévu de publier cette série selon la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Partie 2: Exposition à des champs magnétiques

Partie 2-1: Modèles 2D

Partie 2-2: Modèles 3D

Partie 2-3: Lignes directrices pour l'utilisation pratique des facteurs de couplage

Partie 3: Exposition à des champs électriques

Partie 3-1: Modèles analytiques et numériques 2D

Partie 3-2: Modèles numériques 3D

Partie 4: Paramètres électriques des tissus humains vivants (Rapport technique)

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

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

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

This International Standard constitutes Part 1 of the IEC 62226 series, which will regroup several international standards and technical reports within the framework of the calculation of induced current densities and internal electric fields, and will be published under the general title *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*.

This series is planned to be published according to the following structure:

Part 1: General

Part 2: Exposure to magnetic fields

Part 2-1 : 2D models

Part 2-2 : 3D models

Part 2-3 : Guidelines for practical use of coupling factors

Part 3: Exposure to electric fields

Part 3-1: Analytical and 2D numerical models

Part 3-2: 3D numerical models

Part 4: Electrical parameters of human living tissues (Technical Report)

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

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

INTRODUCTION

L'intérêt que porte le public à l'exposition aux champs électriques et magnétiques a conduit les organisations internationales et nationales à proposer des limites fondées sur leurs effets néfastes avérés.

La présente norme s'applique à la gamme de fréquences pour laquelle les limites d'exposition sont fondées sur des tensions ou des courants induits dans le corps humain, quand il est exposé aux champs électriques et magnétiques. Cette gamme de fréquences couvre les fréquences basses et intermédiaires jusqu'à 100 kHz. Certaines méthodes décrites dans la présente norme peuvent être utilisées à des fréquences plus élevées sous des conditions spécifiques.

Les limites d'exposition fondées sur l'expérimentation biologique et médicale à propos de ces phénomènes d'induction fondamentaux sont usuellement appelées «restrictions de base». Elles incluent des facteurs de sécurité.

Les quantités électriques induites n'étant pas directement mesurables, des limites dérivées sont aussi proposées. Ces limites, appelées «niveaux de référence», sont données en termes de champs électriques et magnétiques externes. Elles sont fondées sur des modèles très simples de couplage entre les champs externes et le corps. Ces limites dérivées sont conservatrices.

Des modèles sophistiqués de calcul des courants induits dans le corps ont été utilisés et font l'objet de nombreuses publications scientifiques. Ils utilisent des codes numériques de calcul 3D pour le champ électromagnétique et des modèles détaillés de la structure interne du corps avec les caractéristiques électriques spécifiques des tissus du corps humain. Cependant, le développement de tels modèles est toujours en cours; les données de conductivité électrique disponibles actuellement sont encore très imparfaites, et la résolution spatiale des modèles progresse toujours. De tels modèles sont ainsi considérés comme relevant encore du domaine de la recherche scientifique et on ne peut envisager que les résultats tirés de ces modèles soient définitivement fixés dans des normes. Cependant, il est admis que de tels modèles peuvent apporter, et apportent, une contribution utile au processus de normalisation, particulièrement pour les normes de produit où des cas particuliers d'exposition sont étudiés. Quand des résultats de tels modèles sont utilisés dans des normes, il convient qu'ils soient revus périodiquement pour s'assurer qu'ils reflètent toujours l'état actuel de la connaissance scientifique.

INTRODUCTION

Public interest concerning human exposure to electric and magnetic fields has led international and national organisations to propose limits based on recognised adverse effects.

This standard applies to the frequency range for which the exposure limits are based on the induction of voltages or currents in human body, when exposed to electric and magnetic fields. This frequency range covers the low and intermediate frequencies, up to 100 kHz. Some methods described in this standard can be used at higher frequencies under specific conditions.

The exposure limits based on biological and medical experimentation about these fundamental induction phenomena are usually called “basic restrictions”. They include safety factors.

The induced electrical quantities are not directly measurable, so simplified derived limits are also proposed. These limits, called “reference levels”, are given in terms of external electric and magnetic fields. They are based on very simple models of coupling between external fields and the body. These derived limits are conservative.

Sophisticated models for calculating induced currents in the body have been used and are the subject of a number of scientific publications. These use numerical 3D electromagnetic field computation codes and detailed models of the internal structure with specific electrical characteristics of each tissue within the body. However such models are still developing; the electrical conductivity data available at present has considerable shortcomings; and the spatial resolution of models is still advancing. Such models are therefore still considered to be in the field of scientific research and at present it is not considered that the results obtained from such models should be fixed indefinitely within standards. However it is recognised that such models can and do make a useful contribution to the standardisation process, especially for product standards in which particular cases of exposure are considered. When results from such models are used in standards, the results should be reviewed from time to time to ensure they continue to reflect the current status of the science.

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 1: Généralités

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62226 fournit les moyens pour démontrer la conformité avec les restrictions de base de l'exposition humaine aux champs électriques et magnétiques à basse et moyenne fréquence spécifiées dans les normes et guides d'exposition tels que ceux produits par l'IEEE et l'ICNIRP.

Le but de la série CEI 62226 est de

- proposer une approche plus réaliste de la modélisation de l'exposition humaine aux champs électriques et magnétiques à basse fréquence, en utilisant un jeu de modèles de complexité croissante pour les sources d'émission de champ, ou pour le corps humain, ou pour les deux;
- proposer des valeurs normalisées pour les paramètres électriques des organes du corps humain: conductivité électrique et permittivité et leurs variations en fonction de la fréquence.

La présente norme de base n'a pas pour objet de remplacer les définitions et procédures spécifiés dans les normes et guides d'exposition aux champs électromagnétiques comme ceux produits par l'IEEE ou l'ICNIRP, mais de fournir des procédures complémentaires destinées à permettre d'attester de la conformité avec ces documents.

La présente norme de base fournit les moyens pour démontrer la conformité avec les restrictions de base sans avoir à utiliser des modèles sophistiqués. Toutefois, quand les conditions d'exposition sont bien caractérisées (comme dans une norme de produit par exemple) et quand des résultats issus de tels modèles sont disponibles, ils peuvent être utilisés pour démontrer la conformité aux normes et guides d'exposition aux champs électromagnétiques.

NOTE 1 Des exemples de l'utilisation de ce genre de modèles sophistiqués sont disponibles dans le document de la CEI sur l'évaluation des évolutions technologiques. [2]¹

NOTE 2 Des références à la littérature scientifique sont données en bibliographie.

2 Données générales sur les champs électromagnétiques et l'exposition humaine

2.1 Généralités

Le champ total émis par tout appareil électrique en fonctionnement est composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique et il est appelé champ électromagnétique. Il est caractérisé par sa fréquence f ou sa longueur d'onde λ , qui est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide (c) et sa fréquence: $\lambda = c/f$.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

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 1: General

1 Scope

This part of IEC 62226 provides means for demonstrating compliance with the basic restrictions on human exposure to low and intermediate frequency electric and magnetic fields specified in exposure standards or guidelines such as those produced by IEEE and ICNIRP.

The object of IEC 62226 is

- to propose a more realistic approach to the modelling of the human exposure to low frequency electric and magnetic fields, using a set of models of growing complexity for the field emission source, or the human body or both;
- to propose standardised values for the electrical parameters of organs in human body: electrical conductivity and permittivity and their variation with the frequency.

The present basic standard does not aim at replacing the definitions and procedures specified in exposure standards or guidelines, such as those produced by IEEE or ICNIRP, but aims at providing additional procedures with a view to allowing compliance assessment with these documents.

The present basic standard provides means for demonstrating compliance with the basic restrictions without having to go to the sophisticated models. Nevertheless, when the exposure conditions are well characterized (such as in product standards, for example) and when results from such models are available, they can be used for demonstrating compliance with EMF standards or guidelines.

NOTE 1 Examples of use of such sophisticated models can be found in the IEC Trend Technology Assessment [2]¹.

NOTE 2 References to the scientific literature are given in the bibliography.

2 General data on electromagnetic fields and human exposure

2.1 General

The total field emitted by any electrical device when operating is composed of the electric field and the magnetic field and is called the **electromagnetic field**. It is characterised by its frequency f or its wavelength λ , which is the ratio of the velocity of light in vacuum (c), divided by its frequency: $\lambda = c/f$.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography

Quand la longueur d'onde est grande comparée à:

- la distance entre l'individu et l'appareil, et
- la taille de l'individu,

l'exposition aux champs est définie comme «l'exposition en champ proche». Dans ces conditions, les champs électrique et magnétique sont indépendants et peuvent être étudiés séparément. En pratique, cela est valable pour la gamme de fréquences couverte par la présente norme.

2.2 Champ électrique

Les champs électriques provoquent des déplacements de charges électriques dans les objets conducteurs (corps vivants inclus) et comme les champs électriques sont alternatifs, les charges électriques ont des mouvements de va-et-vient. Le résultat est un courant alternatif «induit», et un champ électrique induit associé, à l'intérieur de l'objet conducteur.

Il est important de noter que, pour un objet de conductivité uniforme, et dans une large mesure, ce courant est indépendant de la conductivité électrique de l'objet. A contrario, le champ électrique induit associé est fortement dépendant de la conductivité électrique du corps.

Le courant induit par un champ électrique dépend

- de la forme et de la taille de l'objet conducteur;
- des caractéristiques (amplitude, polarisation, degré de non-uniformité, etc.) du champ non perturbé (voir définition en 3.1.19);
- de la fréquence du champ.

Le courant alternatif induit dépendrait aussi du contact électrique du corps avec la terre et de la présence d'autres corps conducteurs à proximité.

2.3 Champ magnétique

Les champs magnétiques alternatifs créent des champs électriques alternatifs et des courants associés dans les matières conductrices. Ces courants sont appelés «courants de Foucault». Les tissus vivants étant électriquement conducteurs, l'induction existe aussi dans le corps humain.

Le courant électrique induit par un champ magnétique dépend

- de la forme, de la taille et de la conductivité de l'objet conducteur;
- des caractéristiques (amplitude, polarisation, degré de non-uniformité, etc.) du champ. Contrairement au champ électrique, le champ magnétique n'est normalement pas perturbé par la présence d'objets à proximité;
- de la fréquence du champ.

Le niveau du champ magnétique décroît avec la distance par rapport à sa source. La variation du champ avec la distance est décrite pour trois types différents de source.

- Un conducteur simple (par exemple une alimentation aérienne pour chemin de fer): le champ magnétique décroît en $1/d$, où d est la distance par rapport au conducteur sous tension (loi d'Ampère).
- Un système de conducteurs parallèles, alimenté par un système de courants équilibrés (par exemple un réseau électrique): les champs magnétiques décroissent en $1/d^2$, où d est la distance moyenne par rapport aux conducteurs sous tension. Cette loi empirique est valable seulement si d est grand en comparaison de la distance entre les différents conducteurs.

Where the wavelength is large compared with

- the distance of the individual from the equipment, and
- the size of the individual,

the exposure to the fields is defined as “near field exposure”. Under these conditions, electric and magnetic fields are independent and can be studied separately. In practice this is valid for the range of frequencies covered by this standard.

2.2 Electric field

Electric fields cause displacement of electric charges in conductive objects (including living bodies) and, because these fields are alternating, the electric charges move to and from. The result is an “induced” alternating current, and related induced electric field, inside the conductive object.

It is important to note that, for an object of uniform conductivity, to a very large degree, this current is independent of whether the object is a good or a poor conductor of electricity. By contrast, the associated induced electric field strongly depends on the electrical conductivity of the body.

The current induced by an electric field depends on

- the shape and size of the conducting object;
- the characteristics (magnitude, polarisation, degree of non uniformity, etc.) of the unperturbed field (see definition 3.1.19);
- the frequency of the field.

The induced alternating current would also depend on whether the body is in electrical contact with the ground and on the presence of other conducting bodies nearby.

2.3 Magnetic field

Alternating magnetic fields create alternating electric fields and associated currents in conductive media. These currents are called eddy currents. Because living tissues are electrically conducting, induction also occurs in the human body.

The current induced by a magnetic field depends on

- the shape, size and conductivity of the conducting object;
- the characteristics (magnitude, polarisation, degree of non uniformity, etc.) of the field. In contrast to electric field, magnetic field is not normally perturbed by nearby objects;
- the frequency of the field.

The magnetic field level decreases with distance from its source. The variation of field with distance is described for three different types of source.

- A single conductor (e.g. railway overhead power supply): the magnetic field decreases as $1/d$, where d is the distance from the energised conductor (Ampere’s law).
- A system of parallel conductors, energised by a system of balanced currents (e.g. electrical networks): the magnetic fields decrease as $1/d^2$, where d is the mean distance from the energised conductors. This empirical law is valid only when d is large compared with the distance between the different conductors.

- Des sources localisées (par exemple les appareils électroménagers) peuvent être considérées comme des dipôles magnétiques: les champs magnétiques décroissent en $1/d^3$, où d est la distance par rapport à la source. De la même façon que précédemment, cette loi empirique s'applique seulement quand d est grand par rapport à la taille de la source.

3 Termes et définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés ci-après s'appliquent.

3.1.1

restrictions de base

selon la terminologie usuellement employée dans les recommandations de santé en matière d'exposition aux champs électromagnétiques, limites d'exposition fondées sur des effets biologiques établis par l'expérimentation biologique et médicale à propos de ces phénomènes d'induction fondamentaux

Les restrictions de base incluent généralement des facteurs de sécurité destinés à tenir compte des incertitudes dans les données scientifiques définissant le seuil de l'effet.

NOTE 1 La définition précise de ce terme peut varier d'une recommandation de santé sur les champs électromagnétiques à l'autre.

NOTE 2 Pour la gamme de fréquences couverte par la présente norme, les restrictions de base prises en référence sont généralement exprimées en termes de densité de courant induit ou de champ électrique interne. Du fait que la restriction de base est une grandeur interne au corps et ne peut donc pas être mesurée, un niveau de référence correspondant est généralement dérivé et utilisé dans les recommandations de santé sur les champs électromagnétiques.

3.1.2

facteur de couplage

K

facteur utilisé pour permettre l'évaluation de l'exposition dans les cas d'exposition complexe, tels qu'un champ magnétique non uniforme ou un champ électrique perturbé

NOTE 1 Le facteur de couplage K possède différentes interprétations physiques selon qu'il se rapporte à l'exposition au champ électrique ou magnétique.

NOTE 2 La valeur du facteur de couplage K dépend du modèle utilisé pour la source du champ et du modèle utilisé pour le corps humain. Quand les conditions d'exposition sont définies, comme c'est le cas dans une norme de produit, des valeurs précises des facteurs de couplage peuvent être spécifiées directement et elles peuvent être utilisées telles que définies dans les normes de produit.

3.1.3

densité de courant

grandeur vectorielle dont l'amplitude est égale à la charge qui traverse, par unité de temps et de surface, une aire perpendiculaire au flux de charge

NOTE La densité de courant est exprimée en ampères par mètre carré (A/m²).

3.1.4

champ ambiant

champ électrique ou magnétique extérieur au corps, et mesuré en l'absence du corps

3.1.5

champ électrique

E

amplitude d'un vecteur de champ $\vec{E}$ qui détermine la force $\vec{F}$ exercée sur une charge électrique statique q :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

NOTE L'amplitude du champ électrique est exprimée en volts par mètre (V/m).

- Localised sources (e.g. electrical domestic appliances) can be considered as magnetic dipoles: the magnetic fields decrease as $1/d^3$, where d is the distance from the source. In the same way as previously, this approximate law only applies when d is large compared with the size of the source itself.

3 Terms and definitions, symbols and abbreviations

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

basic restrictions

according to the terminology in use in health recommendations relating to the exposure to electromagnetic fields, the exposure limits based on biological effects established by biological and medical experimentation about these fundamental induction phenomena

Basic restrictions usually include safety factors to allow for uncertainty in the scientific information defining the threshold for the effect.

NOTE 1 The precise definition of this term may vary from one EMF health guideline to another.

NOTE 2 For the frequency range covered by this standard the basic restrictions to make reference to are generally expressed in terms of induced current density or internal electric field. Because the basic restriction is a quantity inside the body that cannot be measured, a corresponding reference level is generally derived and used in EMF health guidelines.

3.1.2

coupling factor

K

factor used to enable exposure assessment for complex exposure situations, such as non-uniform magnetic field or perturbed electric field

NOTE 1 The coupling factor K has different physical interpretations depending on whether it relates to electric or magnetic field exposure.

NOTE 2 The value of the coupling factor K depends on the model used for the field source and the model used for the human body. When exposure conditions are defined, such as in a product standard, precise values of the coupling factors can be specified directly and can be used such as defined in product standards.

3.1.3

current density

vector quantity whose magnitude is equal to the charge that crosses per unit time a unit surface area perpendicular to the flow of charge

NOTE Current density is expressed in amperes per square metre (A/m^2).

3.1.4

environmental field

electric or magnetic field external to the body, and measured in the absence of the body

3.1.5

electric field strength

E

magnitude of the vector field $\vec{E}$ which determines the force $\vec{F}$ on a static electrical charge q :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

NOTE The electric field strength is expressed in units of volts per metre (V/m).

3.1.6

déplacement électrique

D

amplitude du vecteur de champ $\vec{D}$ qui est lié au vecteur champ électrique $\vec{E}$ par l'équation:

$$\vec{D} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \vec{E}$$

où ε_r est la permittivité relative de la matière et ε_0 est la permittivité du vide

NOTE Le déplacement électrique est exprimé en coulombs par mètre carré (C/m²).

3.1.7

exposition

situation dans laquelle une personne est soumise à un champ électrique, magnétique ou électromagnétique

NOTE Le terme «exposition» est aussi communément utilisé pour «niveau d'exposition» (voir 3.1.8).

3.1.8

niveau d'exposition

valeur de la grandeur considérée quand une personne est exposée à un champ électrique, magnétique ou électromagnétique

3.1.9

exposition partielle du corps

exposition qui résulte d'une absorption localisée d'énergie

3.1.10

exposition non uniforme

niveaux d'exposition résultant de champs non uniformes sur des volumes comparables au corps humain

NOTE Voir aussi les définitions 3.1.8 et 3.1.9.

3.1.11

point chaud

région localisée de champ plus élevé

3.1.12

induction

champ électrique ou magnétique dans une matière conductrice, résultant de l'action d'un champ électrique ou magnétique extérieur (ambiant) variable dans le temps

3.1.13

densité de flux magnétique

B

amplitude d'un vecteur champ $\vec{B}$ en un point de l'espace qui détermine la force $\vec{F}$ sur une charge électrique q en mouvement et de vitesse $\vec{v}$:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

NOTE La densité de flux magnétique est exprimée en teslas (T). Un tesla est égal à 10⁴ gauss (G).

3.1.6**electric displacement*****D***

magnitude of a field vector $\vec{D}$ that is related to the electric field $\vec{E}$ by the formula:

$$\vec{D} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \vec{E}$$

where ε_r is the relative permittivity of the medium and ε_0 is the permittivity of vacuum

NOTE The electric displacement is expressed in units of coulombs per square metre (C/m²).

3.1.7**exposure**

situation that occurs wherever a person is subjected to electric, magnetic or electromagnetic fields

NOTE The word “exposure” is also commonly used to mean “exposure level” (see 3.1.8).

3.1.8**exposure level**

value of the considered quantity when a person is exposed to electric, magnetic or electromagnetic fields

3.1.9**exposure, partial-body**

exposure that results from localized absorption of the energy

3.1.10**exposure, non-uniform**

exposure levels that result when fields are non-uniform over volumes comparable to the whole human body

NOTE See also definitions 3.1.8 and 3.1.9.

3.1.11**hot spot**

localised area of higher field

3.1.12**induction**

electric or magnetic field in a conducting medium caused by the action of a time-varying external (environmental) electric or magnetic field

3.1.13**magnetic flux density*****B***

magnitude of a field vector $\vec{B}$ at a point in the space that determines the force $\vec{F}$ on an electrical charge q moving with velocity $\vec{v}$:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

NOTE Magnetic flux density is expressed in units of teslas (T). One tesla is equal to 10⁴ gauss (G).

3.1.14 champ magnétique

H

amplitude d'un vecteur de champ $\vec{H}$ qui est liée à la densité de flux magnétique $\vec{B}$ par l'équation:

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$$

où μ_r est la perméabilité relative de la matière et μ_0 la perméabilité du vide

NOTE Le champ magnétique est exprimé en ampères par mètre (A/m).

3.1.15 champ non uniforme

champ qui n'est pas constant en amplitude, en direction, ou en phase sur les dimensions du corps ou de la partie du corps en considération

3.1.16 perméabilité (absolue)

μ

grandeur scalaire ou tensorielle dont le produit par le champ magnétique H dans un milieu est égal à l'induction magnétique B :

$$B = \mu H$$

NOTE La perméabilité absolue est une grandeur scalaire dans un milieu isotrope, une grandeur tensorielle dans un milieu anisotrope.

3.1.16.1 perméabilité relative

μ_r

densité de flux magnétique B divisée par le champ magnétique H multiplié par μ_0

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad \text{avec } \mu = \mu_r \mu_0$$

où μ est la perméabilité absolue du matériau, exprimée en henrys par mètre (H/m)

3.1.16.2 perméabilité du vide

μ_0

grandeur scalaire dont le produit par le champ magnétique H dans le vide est égal à l'induction magnétique B :

$$B = \mu_0 H$$

3.1.17 champ perturbé

champ qui est modifié en amplitude ou en direction, ou les deux, par l'introduction d'un objet

NOTE Le champ électrique à la surface d'un objet est en général fortement perturbé par la présence de l'objet. Aux fréquences de distribution de l'électricité, la densité de flux magnétique n'est pas en général fortement perturbée par la présence d'objets qui ne contiennent pas de matériaux magnétiques. Les exceptions à cela incluent les régions proches de la surface des conducteurs électriques épais et les régions éloignées de ces conducteurs, si le conducteur est proche de la source du champ magnétique. La perturbation de ces régions est due aux champs magnétiques opposés provoqués par les courants de Foucault dans les conducteurs.

3.1.18 niveau de référence

selon la terminologie usuellement employée dans les recommandations de santé en matière d'exposition aux champs électromagnétiques, valeur du champ électrique ou magnétique uniforme qui conduit à la restriction de base (voir 3.1.1) dans le corps qui est exposé au champ

Le niveau de référence est donné pour la condition de couplage maximal du champ avec l'individu exposé, fournissant ainsi une protection maximale.

3.1.14**magnetic field strength** **H**

magnitude of a field vector $\vec{H}$ that is related to the magnetic flux density $\vec{B}$ by the formula:

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$$

where μ_r is the relative permeability of the medium and μ_0 is the permeability of the free space.

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

3.1.15**non-uniform field**

field that is not constant in amplitude, direction, and phase over the dimensions of the body or part of the body under consideration

3.1.16**permeability (absolute)** **μ**

scalar or tensor quantity the product of which by the magnetic field strength H in a medium is equal to the magnetic flux density B :

$$B = \mu H$$

NOTE For an isotropic medium the absolute permeability is a scalar; for an anisotropic medium it is a tensor.

3.1.16.1**relative permeability** **μ_r**

the magnetic flux density B divided by the magnetic field H multiplied by μ_0

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad \text{with } \mu = \mu_0 \mu_r$$

where μ is the absolute permeability of the medium expressed in henrys per metre (H/m)

3.1.16.2**permeability of vacuum** **μ_0**

scalar quantity the product of which by the magnetic field strength H in vacuum is equal to the magnetic flux density B :

$$B = \mu_0 H$$

3.1.17**perturbed field**

field that is changed in magnitude or direction, or both, by the introduction of an object

NOTE The electric field at the surface of the object is, in general, strongly perturbed by the presence of the object. At power frequencies, the magnetic flux density is not, in general, greatly perturbed by the presence of objects that are free of magnetic materials. Exceptions to this include regions near the surface of thick electrical conductors and regions far from thick conductors, if the conductor is close to the magnetic field source. The perturbation in these instances is due to opposing magnetic fields produced by eddy currents in the conductors.

3.1.18**reference level**

according to the terminology in use in health recommendations relating to the exposure to electromagnetic fields, the value of the uniform electric or magnetic field, which produces the basic restriction (see 3.1.1) in a body which is exposed to that field

Reference level is given for the condition of maximum coupling of the field to the exposed individual, thereby providing maximum protection.

NOTE 1 La définition précise de ce terme peut varier d'une recommandation de santé sur les champs électromagnétiques à l'autre.

NOTE 2 Les niveaux de référence sont fournis à des fins pratiques d'évaluations d'exposition pour déterminer si les restrictions de base sont susceptibles d'être dépassées. Quand le champ est non uniforme, il est généralement possible de dépasser le niveau de référence sans dépasser la restriction de base ²⁾.

3.1.19

champ non perturbé

champ en un point en l'absence de personnes ou d'objets mobiles

3.1.20

champ uniforme

champ qui est constant en amplitude, direction, ou phase sur les dimensions du corps ou sur la partie du corps en considération

3.1.21

longueur d'onde

λ

distance entre des points de même phase de deux cycles consécutifs d'une onde sinusoïdale

NOTE 1 La longueur d'onde (λ) d'une onde électromagnétique est liée à la fréquence (f) et à la vitesse (c) par l'expression $c = f \lambda$. La vitesse de l'onde électromagnétique en espace libre est égale à la vitesse de la lumière.

NOTE 2 La longueur d'onde est exprimée en mètres (m).

3.2 Grandeurs physiques et unités

Le système international SI est le système utilisé dans cette norme.

Grandeur	Symbole	Unité	Abréviation
Densité de courant	J	Ampère par mètre carré	A/m ²
Champ électrique	E	Volt par mètre	V/m
Fréquence	f	Hertz	Hz
Champ magnétique	H	Ampère par mètre	A/m
Induction magnétique	B	Tesla (Wb/m ² ou Vs/m ²)	T
Perméabilité	μ	Henry par mètre	H/m
Permittivité	ε	Farad par mètre	F/m
Densité de puissance	S	Watt par mètre carré	W/m ²
Longueur d'onde	λ	Mètre	m
Conductivité	σ	Siemens par mètre	S/m

2) Selon le document «Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques» de l'ICNIRP de 1998 et la Recommandation du Conseil de la Communauté Européenne, les niveaux de référence «sont donnés à des fins d'évaluations pratiques d'exposition pour déterminer si les restrictions de base sont susceptibles d'être dépassées. Certains niveaux de référence sont dérivés des restrictions de base en utilisant des mesures ou des techniques informatiques, et certains niveaux de référence traitent de la perception et des effets indirects non souhaitables de l'exposition aux EMF. Les grandeurs dérivées sont le champ électrique (E), le champ magnétique (H), la densité de flux magnétique (B), la densité de puissance (S) et le courant de membre (I_L). Les grandeurs qui traitent de la perception et des autres effets indirects sont le courant (de contact) (I_c) et, pour les champs pulsés, l'absorption spécifique d'énergie (SA). Dans toute situation d'exposition particulière, les valeurs mesurées ou calculées de chacune de ces grandeurs peuvent être comparées au niveau de référence approprié. Le respect du niveau de référence assurera le respect de la restriction de base concernée. Le fait que le niveau de référence soit dépassé n'implique pas nécessairement que la restriction de base sera elle-même dépassée. Cependant, dans de telles circonstances, il sera nécessaire d'établir si la restriction de base est respectée».

NOTE 1 The precise definition of this term may vary from one EMF health guideline to another.

NOTE 2 Reference levels are provided for practical exposure-assessment purposes to determine whether the basic restrictions are likely to be exceeded. When the field is non-uniform it is generally possible to exceed the reference level without exceeding the basic restriction ²⁾.

3.1.19

unperturbed field

field at a point that would exist in the absence of persons or movable objects

3.1.20

uniform field

field that is constant in amplitude, direction, and relative phase over the dimensions of the body or body part under consideration

3.1.21

wavelength

λ

the distance between points of corresponding phase of two consecutive cycles of a sinusoidal wave

NOTE 1 The wavelength (λ) of an electromagnetic wave is related to the frequency (f) and speed (c) by the expression $c = f \lambda$. The speed of an electromagnetic wave in free space is equal to the speed of light.

NOTE 2 The wavelength is expressed in units of metre (m).

3.2 Physical quantities and units

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

Quantity	Symbol	Unit	Abbreviation
Current density	J	Ampere per square meter	A/m ²
Electric field strength	E	Volt per meter	V/m
Frequency	f	Hertz	Hz
Magnetic field strength	H	Ampere per meter	A/m
Magnetic flux density	B	Tesla (Wb/m ² or Vs/m ²)	T
Permeability	μ	Henry per meter	H/m
Permittivity	ϵ	Farad per meter	F/m
Power density	S	Watt per square meter	W/m ²
Wavelength	λ	Meter	m
Conductivity	σ	Siemens per meter	S/m

²⁾ According to the 1998 ICNIRP guidelines and the 1999 EU Council Recommendation, reference levels are "provided for practical exposure-assessment purposes to determine whether the basic restrictions are likely to be exceeded. Some reference levels are derived from relevant basic restrictions using measurements and/or computational techniques and some reference levels address perception and adverse indirect effects of exposure to EMFs. The derived quantities are electric field strength (E), magnetic field strength (H), magnetic flux density (B), power density (S), and limb current (I_L). Quantities that address perception and other indirect effects are (contact) current (I_c) and, for pulsed fields, specific energy absorption (SA). In any particular exposure situation, measured or calculated values of any of these quantities can be compared with the appropriate reference level. Respect of the reference level will ensure respect of the relevant basic restriction. If the measured value exceeds the reference level, it does not necessarily follow that the basic restriction will be exceeded. Under such circumstances, however, there is a need to establish whether there is respect of the basic restriction."

3.3 Constantes physiques

Constante physique	Symbole	Magnitude
Vitesse de la lumière	c	$2,997 \times 10^8$ m/s
Perméabilité du vide	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m
Permittivité du vide	ϵ_0	$8,854 \times 10^{-12}$ F/m

4 Procédure générale pour l'évaluation de la conformité aux limites de sécurité

L'organigramme représenté à la Figure 1 est utilisé pour ajuster l'évaluation de l'exposition en partant de la première évaluation obtenue par une mesure directe de champs externes non perturbés.

L'ajustement est effectué en utilisant le facteur de couplage K . La valeur du facteur de couplage dépend du modèle utilisé pour la source du champ et du modèle utilisé pour le corps humain. Généralement, quand les conditions d'exposition sont bien définies, des valeurs précises du facteur de couplage K peuvent être directement spécifiées (comme dans une norme produit).

Pour les situations d'exposition complexes, une alternative à l'utilisation du facteur de couplage K est le calcul direct par ordinateur de la restriction de base.

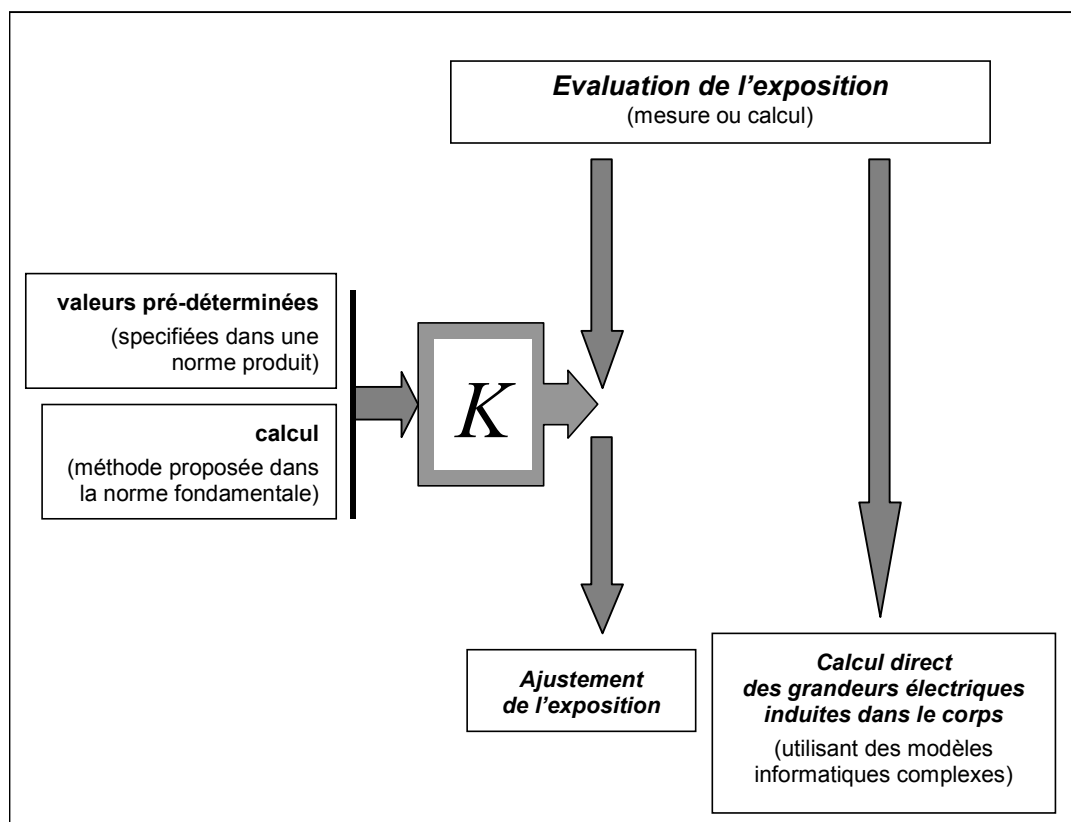


Figure 1 – Vue générale des différentes méthodes pour évaluer la conformité aux limites d'exposition

3.3 Physical constants

Physical constant	Symbol	Magnitude
Speed of light	c	$2,997 \times 10^8$ m/s
Permeability of vacuum	μ_0	$4 \pi \times 10^{-7}$ H/m
Permittivity of vacuum	ϵ_0	$8,854 \times 10^{-12}$ F/m

4 General procedure for assessing compliance with safety limits

The chart represented in Figure 1 is used to adjust the exposure assessment, starting from the first assessment obtained from direct measurements of unperturbed external fields.

The adjustment is made using the coupling factor K . The value of the coupling factor depends on the model used for the field source and the model of the human body. Generally speaking, when exposure conditions are well defined, precise values of the coupling factor K can be directly specified (such as in product standards).

An alternative to the use of the coupling factor K is the direct computation of the basic restriction for complex exposure situations.

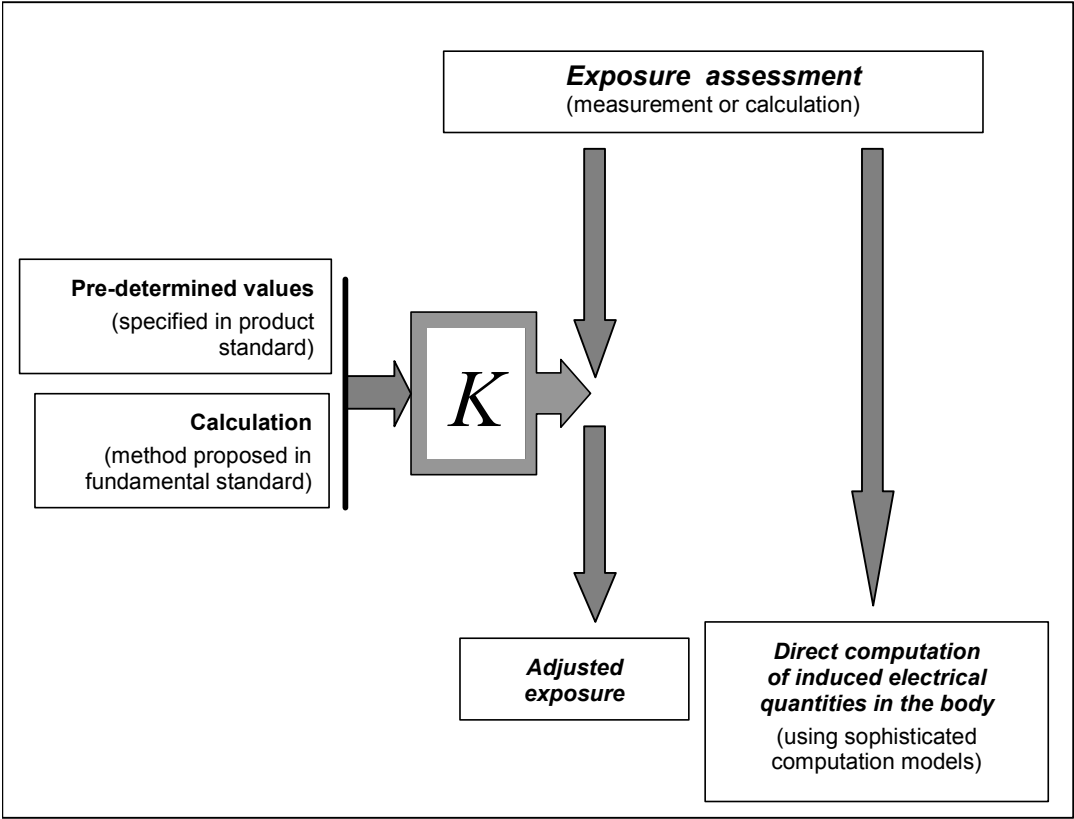


Figure 1 – Overview of different methods for assessing compliance with exposure limits

Bibliographie

- [1] ANDREUC CETTI, D. *Induced body current measurement and assessment: state of the art*. COST 244, Paris, April 25-26, 1998.
- [2] BARATON, P., HUTZLER, B. *Magnetically induced currents in the human body*. IEC Technology Trend Assessment, 1995.
- [3] BARATON, P., HUTZLER, B. et RICHARD. *Calcul des densités de courant induit dans le corps humain lors d'une exposition au champ magnétique 50 Hz*. ISH, 1993.
- [4] BARNES, FS. The effects of time varying magnetic fields on biological materials. *IEEE Magnetism*, 1990, vol. 26, n° 5, p. 2092-2097.
- [5] BOSSAVIT, A. A theoretical approach of the question of biological effects of low frequency fields. *IEEE Magnetism*, 1993, vol. 29, n° 2, p. 1399-1402.
- [6] BOTTAUSCIO, O., CROTTI, G. *A numerical method for the evaluation of induced currents in human models by ELF electromagnetic fields*. 3rd Workshop on Electric and Magnetic fields, Liège, 1996, p. 141-146.
- [7] BOTTAUSCIO, O., CONTI, R. Magnetically and electrically induced currents in human body models. 7th ISH, 1997, p. 5-8.
- [8] BURAI, N. *Numerical modelisation of Electromagnetic phenomena in human body near an induction heating system*. COST 244, Paris, April 25-26, 1998.
- [9] BURAI, N., BARATON, P., GASPARD, JY. *Numerical modelisation of induce currents in human body by electromagnetic apparatus in medium frequency range*. CEM 98, Brest, France, June 8-11, 1998.
- [10] CHEN, LIN, JC. Biological effects of electromagnetic fields. *Bioelectromagnetism*, Oxford Press, 1995, p. 903-916.
- [11] CHIBA, ISAKA. Application of FEM to analysis of induced current densities inside human model exposed to 60 Hz electric field. *IEEE PAS*, 1984, vol. 103, n° 7, p. 1895-1901.
- [12] DAWSON, TW., STUCHLY, MA. High Resolution organ dosimetry for human exposure to low frequency magnetic fields. *IEEE Magnetism*, 1998, vol. 34, n° 3, p. 708-718.
- [13] DAWSON, TW., CAPUTA, K., STUCHLY, MA. High Resolution magnetic field numerical dosimetry for live-line workers. *IEEE Magnetism*, 1999, vol. 35, n° 3, p. 1131-1134.
- [14] DEFORD, JF., GANDHI, OP. An impedance method to calculate currents induced in biological bodies exposed to static electromagnetic fields. *IEEE E Compatibility*, 1985, vol. 27, n° 3, p. 168-173.
- [15] DYMBYLOW, PJ. Induced currents densities from low-frequency magnetic fields in a 2 mm resolution anatomic realistic model of the body. *Phys. Med. Biol.*, 1998, n° 43, p. 210-230.
- [16] GANDHI, OP., CHEN, JY. Numerical dosimetry at power-line frequencies using anatomically based model. *Bioelectromagnetism*, 1992, n° 1, p. 43-60.
- [17] HAMELIN, P., LEGENDRE, S. Biofields parallel modelling. *IEEE Magnetism*, 1998, vol. 34, n° 5, p. 3463-3466.

Bibliography

- [1] ANDREUC CETTI, D. *Induced body current measurement and assessment: state of the art*. COST 244, Paris, April 25-26, 1998.
- [2] BARATON, P., HUTZLER, B. *Magnetically induced currents in the human body*. IEC Technology Trend Assessment, 1995.
- [3] BARATON, P., HUTZLER, B. et RICHARD. *Calcul des densités de courant induit dans le corps humain lors d'une exposition au champ magnétique 50 Hz*. ISH, 1993.
- [4] BARNES, FS. The effects of time varying magnetic fields on biological materials. *IEEE Magnetism*, 1990, vol. 26, n° 5, p. 2092-2097.
- [5] BOSSAVIT, A. A theoretical approach of the question of biological effects of low frequency fields. *IEEE Magnetism*, 1993, vol. 29, n° 2, p. 1399-1402.
- [6] BOTTAUSCIO, O., CROTTI, G. *A numerical method for the evaluation of induced currents in human models by ELF electromagnetic fields*. 3rd Workshop on Electric and Magnetic fields, Liège, 1996, p. 141-146.
- [7] BOTTAUSCIO, O., CONTI, R. Magnetically and electrically induced currents in human body models. 7th ISH, 1997, p. 5-8.
- [8] BURAI, N. *Numerical modelisation of Electromagnetic phenomena in human body near an induction heating system*. COST 244, Paris, April 25-26, 1998.
- [9] BURAI, N., BARATON, P., GASPARD, JY. *Numerical modelisation of induce currents in human body by electromagnetic apparatus in medium frequency range*. CEM 98, Brest, France, June 8-11, 1998.
- [10] CHEN, LIN, JC. Biological effects of electromagnetic fields. *Bioelectromagnetism*, Oxford Press, 1995, p. 903-916.
- [11] CHIBA, ISAKA. Application of FEM to analysis of induced current densities inside human model exposed to 60 Hz electric field. *IEEE PAS*, 1984, vol. 103, n° 7, p. 1895-1901.
- [12] DAWSON, TW., STUCHLY, MA. High Resolution organ dosimetry for human exposure to low frequency magnetic fields. *IEEE Magnetism*, 1998, vol. 34, n° 3, p. 708-718.
- [13] DAWSON, TW., CAPUTA, K., STUCHLY, MA. High Resolution magnetic field numerical dosimetry for live-line workers. *IEEE Magnetism*, 1999, vol. 35, n° 3, p. 1131-1134.
- [14] DEFORD, JF., GANDHI, OP. An impedance method to calculate currents induced in biological bodies exposed to static electromagnetic fields. *IEEE E Compatibility*, 1985, vol. 27, n° 3, p. 168-173.
- [15] DYMBYLOW, PJ. Induced currents densities from low-frequency magnetic fields in a 2 mm resolution anatomic realistic model of the body. *Phys. Med. Biol.*, 1998, n° 43, p. 210-230.
- [16] GANDHI, OP., CHEN, JY. Numerical dosimetry at power-line frequencies using anatomically based model. *Bioelectromagnetism*, 1992, n° 1, p. 43-60.
- [17] HAMELIN, P., LEGENDRE, S. Biofields parallel modelling. *IEEE Magnetism*, 1998, vol. 34, n° 5, p. 3463-3466.

- [18] HAYASHI, N., ISAKA, K., *et al.* Numerical calculation of induced electric field and currents on simple models of multi-medium biological systems using the impedance method. 9th ISH, 1995, p. 8355.
- [19] HORVATH, T. *The electric and magnetic field exposition of biological object due to high voltage values.* 9th ISH, 1995, p. 8349.
- [20] KRAWCZYK, A., WIAK, S. *et al.* Modelling of eddy currents applied to human brain. *IEEE Magnetics*, 1998, vol. 34, n° 5, p. 3471-3474.
- [21] MADHY, ANIS, H., RADWAN, RM, *et al.* Assessment of field exposed humans near EHV Power lines erected in desert. 7th ISH, 1991, p. 67-70.
- [22] MOUCHAWAR, GA., NYENHUIS, JA. *et al.* Magnetic stimulation of excitable tissue: calculation of induced eddy-currents with a three dimensional finite element model. *IEEE Magnetics*, vol. 29, n° 6, 1993, p. 3355-3357.
- [23] NYENHUIS, JA, MOUCHAWAR, GA. *et al.* Energy considerations in the magnetic (eddy current) stimulation of tissues. *IEEE Magnetics*, 1991, vol. 27, n° 1, p. 680-687.
- [24] RENHART, W., MAGALE, CA. *et al.* Modelling and calculation of influences of RF fields on the human body using finite elements method. *IEEE Magnetics*, 1994, vol. 30, n° 5, p. 3092-3095.
- [25] RENHART, W., MAGALE, CA. *et al.* Application of eddy current formulations to magnetic resonance imaging. *IEEE Magnetics*, 1992, vol. 28, n° 2, p. 1517-1520.
- [26] FUNAN, S. LUDWIG, R. Two and three dimensional numerical analysis of gradient and parasitic gradient fields of a three channel surface gradient coil for imaging resonance imaging. *IEEE Magnetics*, 1996, vol. 32, n° 1, p. 195-207.
- [27] STUCHLY, MA., ZHAO, S. Magnetic field induced currents in the human body in proximity of power lines. *IEEE Power Delivery*, 1996, vol. 11, n° 1, p. 102-109.
- [28] TARAO, H., HAYASHI, N., ISAKA, K. *Improved impedance method for the calculation of electric fields induced in simple biological structures by ELF magnetic fields.* 10th ISH, 1997, p. 77-80.
- [29] WANG, W., EISENBERG, SR. A three dimensional finite element method for computing magnetically induced currents in tissues. *IEEE Magnetics*, 1994, vol. 30, n° 6, p. 5015-5023.
- [30] ZYBANOVA, LF., REZINKINA, MM. *Numerical investigation of the electrical fields penetration inside biological objects.* 10th ISH, 1997, p. 105-108.
- [31] ANSI C95.1:1999, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz* (Incorporates IEEE Std C95.1-1991 and IEEE Std C95.1a-1998).
- [32] CENELEC ENV 50166-1:1995, *Exposure to electromagnetic fields: Low frequency (0 Hz to 10 kHz).*
- [33] CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure.*

- [18] HAYASHI, N., ISAKA, K., *et al.* Numerical calculation of induced electric field and currents on simple models of multi-medium biological systems using the impedance method. 9th ISH, 1995, p. 8355.
- [19] HORVATH, T. *The electric and magnetic field exposition of biological object due to high voltage values.* 9th ISH, 1995, p. 8349.
- [20] KRAWCZYK, A., WIAK, S. *et al.* Modelling of eddy currents applied to human brain. *IEEE Magnetics*, 1998, vol. 34, n° 5, p. 3471-3474.
- [21] MADHY, ANIS, H., RADWAN, RM *et al.* Assessment of field exposed humans near EHV Power lines erected in desert. 7th ISH, 1991, p. 67-70.
- [22] MOUCHAWAR, GA., NYENHUIS, JA. *et al.* Magnetic stimulation of excitable tissue: calculation of induced eddy-currents with a three dimensional finite element model. *IEEE Magnetics*, vol. 29, n° 6, 1993, p. 3355-3357.
- [23] NYENHUIS, JA, MOUCHAWAR,GA. *et al.* Energy considerations in the magnetic (eddy current) stimulation of tissues. *IEEE Magnetics*, 1991, vol. 27, n° 1, p. 680-687.
- [24] RENHART, W., MAGALE, CA., *et al.* Modelling and calculation of influences of RF fields on the human body using finite elements method. *IEEE Magnetics*, 1994, vol. 30, n° 5, p. 3092-3095.
- [25] RENHART, W., MAGALE, CA., *et al.* Application of eddy current formulations to magnetic resonance imaging. *IEEE Magnetics*, 1992, vol. 28, n° 2, p. 1517-1520.
- [26] FUNAN, S. LUDWIG, R. Two and three dimensional numerical analysis of gradient and parasitic gradient fields of a three channel surface gradient coil for imaging resonance imaging. *IEEE Magnetics*, 1996, vol. 32, n° 1, p. 195-207.
- [27] STUCHLY, MA., ZHAO, S. Magnetic field induced currents in the human body in proximity of power lines. *IEEE Power Delivery*, 1996, vol. 11, n° 1, p. 102-109.
- [28] TARAO, H., HAYASHI, N., ISAKA, K. *Improved impedance method for the calculation of electric fields induced in simple biological structures by ELF magnetic fields.* 10th ISH, 1997, p. 77-80.
- [29] WANG, W., EISENBERG, SR. A three dimensional finite element method for computing magnetically induced currents in tissues. *IEEE Magnetics*, 1994, vol. 30, n° 6, p. 5015-5023.
- [30] ZYBANOVA, LF., REZINKINA, MM. *Numerical investigation of the electrical fields penetration inside biological objects.* 10th ISH, 1997, p. 105-108.
- [31] ANSI C95.1:1999, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz* (Incorporates IEEE Std C95.1-1991 and IEEE Std C95.1a-1998).
- [32] CENELEC ENV 50166-1:1995, *Exposure to electromagnetic fields: Low frequency (0 Hz to 10 kHz).*
- [33] CISPR 11, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

- [34] CISPR 14 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues.*
- [35] CISPR 16 (toutes les parties), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques.*
- [36] Recommandation du Conseil de l'Union Européenne 1999/519/CE du 12 juillet 1999, *Limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz)*
- [37] Flux3D: Logiciel pour le calcul 3D de champs électromagnétiques Ref.: CEDRAT – 10 chemin du pré carré – 38246 Meylan France.
- [38] ICNIRP, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz.* *Health Physics*, April 1998, vol. 74 n°4, p. 494-522.
- [39] ICNIRP, *Reponse to question and comments on ICNIRP – Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz.* *Health Physics*, October 1998, vol. 75 n°4, p.438-439.
- [40] ICNIRP, *General approach to protection against non-ionizing radiation.* *Health Physics*, April 2002, vol. 82 n°4, p.539-548.
- [41] ICNIRP, *Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines.* *Health Physics*, March 2003, vol. 84, n°3, p.383-387.
- [42] CEI 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.*
- [43] IEEE C95.3-2002, *Recommended Practice for Measurements and Computations with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 100 kHz to 300 GHz.*

- [34] CISPR 14 (all parts), *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus*.
 - [35] CISPR 16 (all parts), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*.
 - [36] European Union Council Recommendation 1999/519/EC of July 12th 1999, *Limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*.
 - [37] Flux3D: Software package for 3D electromagnetic fields calculation. Ref.: CEDRAT – 10 chemin du pré carré – 38246 Meylan France.
 - [38] ICNIRP, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz*. *Health Physics*, April 1998, vol. 74, n°4, p. 494-522.
 - [39] ICNIRP, *Reponse to question and comments on ICNIRP – Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz*. *Health Physics*, October 1998, vol. 75, n°4, p.438-439.
 - [40] ICNIRP, *General approach to protection against non-ionizing radiation*. *Health Physics*, April 2002, vol. 82, n°4, p.539-548.
 - [41] ICNIRP, *Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines*. *Health Physics*, March 2003, vol. 84, n°3, p.383-387.
 - [42] 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*.
 - [43] IEEE C95.3-2002, *Recommended Practice for Measurements and Computations with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 100 kHz to 300 GHz*.
-



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐
 librarian ☐
 researcher ☐
 design engineer ☐
 safety engineer ☐
 testing engineer ☐
 marketing specialist ☐
 other.....

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing ☐
 consultant ☐
 government ☐
 test/certification facility ☐
 public utility ☐
 education ☐
 military ☐
 other.....

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference ☐
 product research ☐
 product design/development ☐
 specifications ☐
 tenders ☐
 quality assessment ☐
 certification ☐
 technical documentation ☐
 thesis ☐
 manufacturing ☐
 other.....

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all ☐
 nearly ☐
 fairly well ☐
 exactly ☐

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐
 standard is incomplete ☐
 standard is too academic ☐
 standard is too superficial ☐
 title is misleading ☐
 I made the wrong choice ☐
 other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
 (2) below average,
 (3) average,
 (4) above average,
 (5) exceptional,
 (6) not applicable

- timeliness.....
 quality of writing.....
 technical contents.....
 logic of arrangement of contents
 tables, charts, graphs, figures.....
 other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only ☐
 English text only ☐
 both English and French texts ☐

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
bibliothécaire ☐
chercheur ☐
ingénieur concepteur ☐
ingénieur sécurité ☐
ingénieur d'essais ☐
spécialiste en marketing ☐
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
comme consultant ☐
pour un gouvernement ☐
pour un organisme d'essais/
certification ☐
dans un service public ☐
dans l'enseignement ☐
comme militaire ☐
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
une recherche de produit ☐
une étude/développement de produit ☐
des spécifications ☐
des soumissions ☐
une évaluation de la qualité ☐
une certification ☐
une documentation technique ☐
une thèse ☐
la fabrication ☐
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout ☐
à peu près ☐
assez bien ☐
parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
la norme est incomplète ☐
la norme est trop théorique ☐
la norme est trop superficielle ☐
le titre est équivoque ☐
je n'ai pas fait le bon choix ☐
autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

- publication en temps opportun
qualité de la rédaction.....
contenu technique
disposition logique du contenu
tableaux, diagrammes, graphiques,
figures
autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
uniquement le texte anglais ☐
les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

-
.....
.....
.....
.....
.....



ISBN 2-8318-7726-1



ICS 17.220.20
