

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62233

Première édition
First edition
2005-10

**Méthodes de mesures des champs électro-
magnétiques des appareils électrodomestiques et
similaires en relation avec l'exposition humaine**

**Measurement methods for electromagnetic fields
of household appliances and similar apparatus
with regard to human exposure**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62233:2005

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**

62233

Première édition
First edition
2005-10

**Méthodes de mesures des champs électro-
magnétiques des appareils électrodomestiques et
similaires en relation avec l'exposition humaine**

**Measurement methods for electromagnetic fields
of household appliances and similar apparatus
with regard to human exposure**

© IEC 2005 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

X

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	14
3.1 Grandeurs physiques et unités	14
3.2 Termes et définitions	14
4 Sélection de la méthode d'essai et de la série des limites	18
5 Méthodes de mesure	18
5.1 Champs électriques	18
5.2 Domaine de fréquence	18
5.3 Distances de mesure, positions et mode opératoires	20
5.4 Sonde de champ magnétique	20
5.5 Procédures de mesure des champs magnétiques	20
5.6 Incertitudes de mesure	28
5.7 Rapport d'essai	30
6 Résultats d'évaluation	30
Annexe A (normative) Conditions d'essai pour la mesure de la densité de flux magnétique	38
Annexe B (informative) Limites d'exposition	54
Annexe C (normative) Détermination des facteurs de couplage	58
Annexe D (informative) Exemples utilisant les limites de l'Annexe B	70
Bibliographie	86
Figure 1 – Recommandations pour la sélection de la méthode d'essai en partant de l'évaluation par rapport aux niveaux de référence	32
Figure 2 – Exemple de la dépendance des niveaux de référence par rapport à la fréquence, avec des raccords arrondis	34
Figure 3 – Exemple pour une fonction de transfert A correspondant au niveau de référence de la Figure 2	34
Figure 4 – Diagramme schématique de la méthode de référence	36
Figure A.1 – Position de mesure: dessus / façade (voir 3.2.7)	48
Figure A.2 – Position de mesure: autour (voir 3.2.7)	48
Figure A.3 – Distances de mesures pour les tables de cuisson et plaques chauffantes à induction	52
Figure C.1 – Point chaud	58
Figure C.2 – Gradient de la densité de flux et l'intégrale G	60
Figure C.3 – Position de la bobine équivalente	60
Figure C.4 – Gradients de la densité de flux et bobine	62

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	15
3.1 Physical quantities and units	15
3.2 Terms and definitions	15
4 Choice of test method and limit sets	19
5 Measuring methods	19
5.1 Electric fields.....	19
5.2 Frequency range	19
5.3 Measuring distances, positions and operating mode	21
5.4 Magnetic field sensor	21
5.5 Measuring procedures for magnetic fields	21
5.6 Measurement uncertainty	29
5.7 Test report	31
6 Evaluation of results	31
Annex A (normative) Test conditions for the measurement of magnetic flux density	39
Annex B (informative) Exposure limits.....	55
Annex C (normative) Determination of coupling factors	59
Annex D (informative) Examples using the limits of Annex B.....	71
Bibliography.....	87
Figure 1 – Recommendations for the choice of the test method starting with the evaluation against the reference levels	33
Figure 2 – Example for dependency on frequency of the reference levels with smoothed edges	35
Figure 3 – Example for a transfer function A corresponding to the reference level of Figure 2	35
Figure 4 – Schematic diagram of the reference method	37
Figure A.1 – Measuring position: top / front (see 3.2.7).....	49
Figure A.2 – Measuring position: around (see 3.2.7)	49
Figure A.3 – Measuring distances for induction hobs and hotplates	53
Figure C.1 – Hot spot.....	59
Figure C.2 – Gradient of flux density and integral G.....	61
Figure C.3 – Equivalent coil position	61
Figure C.4 – Gradients of flux density and coil	63

Figure C.5 – Facteur de couplage $a_c(r)$ avec 0,1 S/m, $A_{\text{sonde}} = 100 \text{ cm}^2$, pour le corps humain entier (mise à l'échelle en utilisant les limites de l'ICNIRP).....	68
Figure D.1 – Mesure du flux magnétique.....	72
Figure D.2 – Distribution de champ normalisée le long de la distance tangentielle r_0	74
Figure D.3 – Modèle numérique pour un corps humain homogène	76
Figure D.4 – Détails de la construction de la tête et des épaules	78
Figure D.5 – Position de la source Q face au modèle K.....	80
Tableau A.1 – Distances de mesure, localisation de la sonde et conditions opératoires	40
Tableau B.1 – Restrictions de base pour l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques alternatifs pour des fréquences jusqu'à 10 GHz – Extraits.....	54
Tableau B.2 – Niveaux de référence pour l'exposition du public à des champs électriques et magnétiques variables (valeurs eff non perturbées) – Extraits	54
Tableau B.3 – Limitations de base pour l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques alternatifs pour des fréquences jusqu'à 3 GHz, pour différentes parties du corps – Extraits	56
Tableau B.4 – Limites pour l'exposition du public aux champs magnétiques: exposition de la tête et du torse – Extraits	56
Tableau C.1 – Valeur G [m] de différentes bobines	62
Tableau C.2 – Valeurs du facteur $k[\frac{A/m^2}{T}]$ à 50 Hz, pour le corps humain entier	64
Tableau D.1 – Fonction de transfert pour l'exposition du public selon ICNIRP.....	70
Tableau D.2 – Fonction de transfert pour l'exposition du public selon IEEE	70
Tableau D.3 – Facteur de couplage $a_c(r1)$	72

Figure C.5 – Coupling factor $a_c(r)$ with 0.1 S/m, $A_{\text{sensor}}=100 \text{ cm}^2$, for the whole human body (re-scaled using ICNIRP limits)	69
Figure D.1 – Measurement of the magnetic flux	73
Figure D.2 – Normalized field distribution along the tangential distance r_0	75
Figure D.3 – Numerical model of a homogenous human body	77
Figure D.4 – Details of the construction of the head and shoulders	79
Figure D.5 – Position of source Q against model K	81
Table A.1 – Measuring distances, sensor location and operating conditions.....	41
Table B.1 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz – Excerpts	55
Table B.2 – Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values) – Excerpts	55
Table B.3 – Basic limitations for general public exposure applying to various regions of the body up to 3 kHz – Excerpts	57
Table B.4 – Magnetic field limits for general public exposure: exposure of head and torso – Excerpts.....	57
Table C.1 – Value G [m] of different coils.....	63
Table C.2 – Value of factor $k[\frac{A/m^2}{T}]$ at 50 Hz for the whole human body.....	65
Table D.1 – Transfer function with ICNIRP general public exposure.....	71
Table D.2 – Transfer function with IEEE general public exposure.....	71
Table D.3 - Coupling factor $a_c(r_1)$	73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURES DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DES APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES ET SIMILAIRES EN RELATION AVEC L'EXPOSITION HUMAINE

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 62233 a été préparée par le Comité d'Études 106 de la CEI: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine.

Le texte de cette Norme est basé sur les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
106/99/FDIS	106/103/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT METHODS FOR ELECTROMAGNETIC FIELDS
OF HOUSEHOLD APPLIANCES AND SIMILAR APPARATUS
WITH REGARD TO HUMAN EXPOSURE**

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 62233 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
106/99/FDIS	106/103/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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62233:2005

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62233:2005

INTRODUCTION

La présente norme établit une méthode d'évaluation appropriée pour la détermination des champs électromagnétiques dans l'environnement autour de l'équipement mentionné dans le domaine d'application, et elle définit des conditions opératoires et des distances de mesure normalisées.

Ce document est conçu comme une méthode de mesure et d'évaluation des champs électromagnétiques (EM) et de leur effet potentiel sur le corps humain, par référence à des normes d'expositions. Les normes d'exposition existantes, par exemple ICNIRP'98 [11]¹⁾, IEEE C95.1-1999 [22] et IEEE C95.6-2002 [12], présentent des règles pour l'exposition du corps humain aux champs EM. Les limites les plus simples et les plus pratiques avec lesquels la conformité doit être établie sont des limites (moyennes temporelles applicables dans certains cas) de champs électriques (E) et magnétiques (B), mesurés en l'absence du corps humain qui sera exposé à ces champs. Ces limites sont appelées niveaux maximaux d'exposition permis, niveaux basés sur l'IEEE, ou niveaux de référence (ICNIRP). Des définitions appropriées et des techniques de mesures spécifiées sont appliquées à toutes les mesures ou évaluation de conformité à une exposition. La conformité avec les niveaux d'exposition maximaux permis ou les niveaux de référence est suffisante pour confirmer le respect de ces niveaux tels que spécifiés dans la norme d'exposition appropriée.

Ce document traite des mesures et des techniques de calcul complémentaires qui permettent de déterminer la conformité sous un ensemble de circonstances spécifiées, sans faire référence à la durée d'exposition ou aux conditions d'exposition réelles. Ce document n'est pas destiné à remplacer des définitions et des procédures spécifiées dans les normes d'exposition mais son objectif est de compléter la procédure par ailleurs spécifiée pour la conformité avec une exposition.

¹⁾ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

INTRODUCTION

This standard establishes a suitable evaluation method for determining the electromagnetic fields in the space around the equipment mentioned in the scope, and defines standardized operating conditions and measuring distances.

This document is designed as one method for measurement and assessment of electromagnetic (EM) fields and their potential effect on the human body by reference to exposure standards. Existing exposure standards, e.g. ICNIRP'98 [11]¹⁾, IEEE C95.1-1999 [22] and IEEE C95.6-2002 [12], present rules for the exposure of humans to EM fields. The simplest and more practical levels [limits] with which to comply are limits (suitably time-averaged in some cases) on the electric (E) and magnetic (B) fields, measured in the absence of the human to be exposed to these fields. These limits are called maximum permissible exposure levels, IEEE-based levels, or reference levels (ICNIRP). Suitable definitions and specified measurement techniques are applied in any exposure compliance measurement or assessment. Compliance with maximum permissible exposure or reference levels is sufficient for positive assessment of meeting these levels as specified in the appropriate exposure standard.

This document addresses the additional measurement and calculation techniques which permit determination of compliance under one set of specified circumstance, without reference to time of exposure or actual exposure conditions. This document is not meant to supplant definitions and procedures specified in exposure standards but is aimed at supplementing the procedure already specified for compliance with exposure.

¹⁾ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

MÉTHODES DE MESURES DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DES APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES ET SIMILAIRES EN RELATION AVEC L'EXPOSITION HUMAINE

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale traite des champs électromagnétiques jusqu'à 300 GHz et elle définit des méthodes pour l'évaluation des amplitudes des champs électriques et des densités de flux magnétique autour des appareils électrodomestiques et similaires, incluant les conditions pendant les essais aussi bien que les distances et les positions de mesures.

Les appareils peuvent contenir des moteurs, des éléments chauffants ou une combinaison des deux, des circuits électriques ou électroniques, et peuvent être alimentés par le secteur, par batteries ou par toute autre source d'énergie électrique.

Parmi les appareils concernés, figurent des équipements tels que des appareils électrodomestiques, des outils électriques et des jouets électriques.

Les appareils non destinés à un usage domestique normal mais qui néanmoins peuvent être approchés par le public, ou peuvent être utilisés par des usagers non avertis, sont compris dans le domaine d'application de la présente norme.

Cette norme ne s'applique pas:

- aux appareils conçus exclusivement pour l'industrie lourde;
- aux appareils destinés à constituer une partie fixe de l'installation électrique d'un bâtiment (tels que les fusibles, les disjoncteurs, les câbles et les commutateurs);
- aux récepteurs de radio et de télévision, les équipements audio et vidéo, et les instruments de musique;
- aux appareils électriques pour usage médicale;
- aux ordinateurs personnels et équipements similaires;
- aux émetteurs de radio;
- aux appareils conçus pour une utilisation exclusivement à bord d'un véhicule.

Les champs d'un équipement multifonction qui est soumis simultanément à différents articles de cette norme et/ou à d'autres normes doivent être évalués par rapport aux dispositions de chaque article /norme pour les fonctions concernées en utilisation.

Les utilisations anormales des appareils de doivent pas être prises en considération.

Cette norme inclut des éléments spécifiques pour l'évaluation de l'exposition humaine:

- définition des sondes;
- définition des méthodes de mesure;
- définition du mode opératoire pour les appareils en essai;
- définition des distances et des positions de mesure.

Les méthodes de mesure spécifiées sont valables de 10 Hz à 400 kHz. Dans la gamme de fréquence au-dessus de 400 kHz et au-dessous de 10 Hz, les appareils entrant dans le domaine d'application de cette norme sont jugés être conformes sans essai, sauf mention contraire spécifiée dans la série de normes CEI 60335.

MEASUREMENT METHODS FOR ELECTROMAGNETIC FIELDS OF HOUSEHOLD APPLIANCES AND SIMILAR APPARATUS WITH REGARD TO HUMAN EXPOSURE

1 Scope

This International Standard deals with electromagnetic fields up to 300 GHz and defines methods for evaluating the electric field strength and magnetic flux density around household and similar electrical appliances, including the conditions during testing as well as measuring distances and positions.

Appliances may incorporate motors, heating elements or their combination, may contain electric or electronic circuitry, and may be powered by the mains, by batteries, or by any other electrical power source.

Appliances include such equipment as household electrical appliances, electric tools and electric toys.

Appliances not intended for normal household use but which nevertheless may be approached by the public, or may be used by laymen, are within the scope of this standard.

This standard does not apply to:

- apparatus designed exclusively for heavy industrial purposes;
- apparatus intended to be part of the fixed electrical installation of buildings (such as fuses, circuit breakers, cables and switches);
- radio and television receivers, audio and video equipment, and electronic music instruments;
- medical electrical appliances;
- personal computers and similar equipment;
- radio transmitters;
- apparatus designed to be used exclusively in vehicles;

The fields of multifunction equipment which is subjected simultaneously to different clauses of this standard and/or other standards shall be assessed using the provisions of each clause/standard for the relevant functions in operation.

Abnormal operation of the appliances is not taken into consideration.

This standard includes specific elements to assess human exposure:

- definition of sensor;
- definition of measuring methods;
- definition of operating mode for appliance under test;
- definition of measuring distance and position.

The measurement methods specified are valid from 10 Hz to 400 kHz. In the frequency range above 400 kHz and below 10 Hz appliances in the scope of this standard are deemed to comply without testing unless otherwise specified in IEC 60335 series.

2 Références normatives

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

CEI 60335 (toutes les parties), *Sécurité des appareils électrodomestiques et similaires*

CEI 61786, *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*

CEI 62311: *Évaluation des équipements électronique et électrique en relation avec les restrictions d'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz²)*

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Le système d'unités utilisé dans cette norme est le Système International d'unité (SI).

3.1 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
Amplitude du champ électrique	E	Volt par mètre	V/m
Fréquence	f	Hertz	Hz
Amplitude du champ magnétique	H	Ampère par mètre	A/m
Densité de flux magnétique	B	Tesla	T (Wb/m ² ou Vs/m ²)

3.2 Termes et définitions

3.2.1

restriction de base (limites de base)

restrictions à l'exposition aux champs électriques, magnétiques, et électromagnétiques alternatifs, qui sont basées sur des effets biologiques reconnus et incluant un facteur de sécurité. La restriction de base pour la densité de courant est J_{BR} , la restriction de base pour l'amplitude du champ électrique interne est E_{BR}

²) A publier.

2 Normative references

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

IEC 60335 (all parts), *Safety of household and similar electrical appliances*

IEC 61786, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements*

IEC 62311, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)²⁾*

CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

3 Terms and definitions

For the purpose of this standard the following terms and definitions apply. Internationally accepted SI-units are used throughout the standard.

3.1 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	Ampere per metre	A/m
Magnetic flux density	B	Tesla	T (Wb/m ² or Vs/m ²)

3.2 Terms and definitions

3.2.1

basic restriction (basic limitations)

restrictions on exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields that are based on established biological effects and include a safety factor. The basic restriction for the current density is J_{BR} , the basic restriction for the internal electric field strength is E_{BR}

²⁾ To be published.

3.2.2

facteur de couplage

$a_c(r_1)$

facteur prenant en compte les inhomogénéités des champs autour des appareils, la surface de mesure de la sonde et la dimension du tronc ou de la tête de l'utilisateur à la distance r_1 (voir 3.2.6)

3.2.3

Transformée de Fourier

procédure mathématique qui déduit une fonction dans le domaine de la fréquence à partir d'une fonction dans le domaine du temps (voir VEI 101-13-09)

3.2.4

Transformée de Fourier rapide

FFT

Transformée de Fourier optimisée en vitesse

3.2.5

point chaud

aire localisée avec une amplitude de champ maximale due à une inhomogénéité de la distribution de champ

3.2.6

distance de mesure

r_1

distance la plus courte entre la surface de l'appareil et le point le plus proche de la surface de la sonde (voir Annexe A)

3.2.7

positions de mesure

3.2.7.1

autour

la sonde est déplacée tout autour de l'appareil à une distance constante de sa surface et là où la présence de personnes humaines est prévisible

NOTE Voir Figure A.2.

3.2.7.2

au dessus

la sonde est déplacée le long d'une surface à une distance constante spécifiée de la surface supérieure de l'appareil

NOTE Voir Figure A.1.

3.2.7.3

en façade

la sonde est déplacée le long d'une surface à une distance spécifiée de la façade de l'appareil

NOTE Voir Figure A.1.

3.2.8

niveau de référence

niveau d'exposition maximal permis

B_{RL}

niveau de champ dérivé des restrictions de base en utilisant des hypothèses représentant le pire cas (par exemple, exposition à un champ homogène)

NOTE Les niveaux de référence peuvent être dépassés pourvu que les restrictions de base soient respectées.

3.2.2**coupling factor** **$a_c(r_1)$**

factor taking into account the irregularities of the fields around the appliances, the measuring area of the sensor and the dimension of the trunk or head of the operator at measuring distance r_1 (refer to 3.2.6)

3.2.3**Fourier transformation**

mathematical procedure that derives a frequency function from a time function (see IEC 101-13-09)

3.2.4**fast Fourier transformation****FFT**

speed optimised Fourier transform

3.2.5**hot spot**

a localized area with a maximum field strength due to inhomogeneity of the field distribution

3.2.6**measuring distance** **r_1**

shortest distance from the surface of the appliance to the closest point of the sensor surface (see Annex A)

3.2.7**measuring positions****3.2.7.1****around**

the sensor is moved all around the appliance at a constant distance of its surface and where persons are expected

NOTE See Figure A.2.

3.2.7.2**top**

the sensor is moved along a surface at the specified constant distance from the top surface of the appliance

NOTE See Figure A.1.

3.2.7.3**front**

the sensor is moved along a surface at the specified distance from the front of the appliance

NOTE See Figure A.1.

3.2.8**reference level****maximum permissible exposure level** **B_{RL}**

field level derived from the basic restrictions under worst case assumptions (e.g. exposure to homogeneous field)

NOTE The reference levels may be exceeded providing that the basic restrictions are met.

3.2.9

temps de réponse

temps nécessaire pour qu'un instrument de mesure atteigne un certain pourcentage spécifié de la valeur finale après avoir été placé dans le champ à mesurer

3.2.10

résultat pondéré

W

résultat final de la mesure, prenant en compte la dépendance du niveau de référence par rapport à la fréquence

4 Sélection de la méthode d'essai et de la série des limites

Un jeu de limites approprié doit être sélectionné.

Pour tous les appareils, indépendamment du spectre de fréquence des champs produits, la procédure décrite en 5.5.2 est applicable. Celle-ci est la méthode de référence, qui doit être utilisée en cas de contestation.

En cas de dépassement des niveaux d'exposition maximaux permis ou des niveaux de référence, dans toute situation particulière de champs, de position du corps humain ou de configuration de mesure, la détermination de la conformité aux restrictions de base doit être prise en compte.

La procédure de 5.5.3 peut être appliquée pour les appareils produisant un spectre de raies composé d'une seule raie fondamentale et de ses raies harmoniques.

Pour les appareils produisant des champs significatifs uniquement pour les fréquences du secteur et ses éventuelles harmoniques, l'une des "méthodes d'essai alternatives" de 5.5.4 peut être utilisée.

Un équipement dont le cycle d'utilisation complet est inférieur à 1 s doit être soumis aux mesures selon la CEI 62311 pour les champs pulsés; cependant, les conditions opératoires, les distances de mesure et le facteur de couplage sont ceux donnés par la présente norme.

Une procédure pas à pas peut être appliquée, en partant de la méthode la plus facile jusqu'à l'une des plus complexes; voir le diagramme de la Figure 1.

5 Méthodes de mesure

5.1 Champs électriques

La méthode de mesure est en cours de définition

Si les appareils, avec leur transformateur ou circuit électrique interne fonctionnent uniquement à des tensions inférieures à 1 000 V, ils sont réputés être conformes sans nécessiter d'essai.

5.2 Domaine de fréquence

Le domaine de fréquence considéré s'étend de 10 Hz à 400 kHz. Voir le domaine d'application (Article 1).

S'il n'est pas possible de couvrir toute la gamme de fréquences en une seule mesure, les résultats pondérés pour chaque gamme de fréquence mesurée doivent être additionnés.

3.2.9**response time**

time required for a field-measuring instrument to reach some specified percentage of the final value after being placed in the field to be measured

3.2.10**Weighted result** **W**

final result of the measurement, taking the frequency dependent reference level into account

4 Choice of test method and limit sets

An appropriate limit set has to be chosen.

For all appliances, independent of the spectrum of the produced fields, the procedure in 5.5.2 is applicable. This is the reference method, which has to be used in case of dispute.

In case where maximum permissible exposure levels or reference levels are exceeded, in any particular situation of fields, human body position or measurement configuration, the determination of compliance with basic restrictions has to be taken into account.

The procedure in 5.5.3 may be applied for appliances producing a line spectrum composed of only one fundamental line and their harmonics lines.

For appliances producing significant fields only on the mains frequency and its harmonics, if any, one of the alternative test methods in 5.5.4 may be used.

Equipment where the full working cycle is less than 1 s shall be measured according to IEC 62311 for pulsed fields; however operating conditions, measuring distances and coupling factor are given in this standard.

A step by step procedure can be applied, from the easiest methods to the more complicated ones, see the flow diagram in Figure 1.

5 Measuring methods**5.1 Electric fields**

The measurement method is under consideration.

If appliances, with their internal transformer or electronic circuit, are working at voltage lower than 1 000 V, they are deemed to comply without testing.

5.2 Frequency range

The frequency range considered is from 10 Hz to 400 kHz. See Scope (Clause 1).

If it is not feasible to cover the frequency range in one measurement, the weighted results of each measured frequency range shall be added.

5.3 Distances de mesure, positions et mode opératoires

Les **distances de mesure**, les localisations de la sonde et les conditions opératoires sont spécifiées dans l'Annexe A.

La configuration et le mode opératoire pendant la mesure doivent être mentionnés dans le rapport d'essai.

5.4 Sonde de champ magnétique

Les valeurs mesurées des densités de flux sont moyennées sur une surface de 100 cm^2 dans chaque direction. Afin de pouvoir fournir une sensibilité isotrope, la sonde de référence consiste en trois bobines concentriques mutuellement perpendiculaires ayant une surface de mesure de $100 \text{ cm}^2 \pm 5 \text{ cm}^2$. Le diamètre extérieur de la sonde de référence ne doit pas excéder 13 cm.

Pour la détermination des **facteurs de couplage**, comme spécifié en Annexe C, une sonde isotrope ayant une surface de mesure de $3 \text{ cm}^2 \pm 0,3 \text{ cm}^2$ doit être utilisée.

NOTE 1 Il est permis d'utiliser une sonde unidirectionnelle, en association avec une méthode de sommation appropriée.

NOTE 2 La valeur finale de la densité de flux magnétique est l'addition vectorielle des valeurs mesurées dans chaque direction. Ceci assure une valeur mesurée indépendante de la direction du vecteur champ magnétique.

5.5 Procédures de mesure des champs magnétiques

5.5.1 Généralités

Le signal de mesure doit être évalué en fonction de la fréquence. Pour tenir compte des sources de champ indépendantes, la valeur mesurée la plus élevée doit être considérée.

Les champs magnétiques transitoires d'une durée inférieure à 200 ms, par exemple durant un événement de commutation, ne sont pas pris en compte.

Si une commutation se produit pendant la mesure, la mesure doit être répétée.

L'équipement de mesure doit avoir un niveau de bruit maximal égal à 5 % de la valeur limite. Toute mesure inférieure au niveau maximal de bruit ne doit pas être prise en compte.

Le niveau de bruit de fond doit être inférieur à 5 % de la valeur limite.

Le temps de réponse de l'équipement de mesure pour atteindre 90 % de la valeur finale ne doit pas excéder 1 s.

La densité de flux magnétique est déterminée en utilisant un temps d'intégration de 1 s.

Des temps d'échantillonnages plus courts peuvent être utilisés si la source se révèle constante sur une période dépassant 1 s pour des signaux de 10 Hz à 400 kHz.

Il convient pendant la mesure finale que la sonde soit maintenue immobile.

5.5.2 Evaluation dans le domaine temps

Indépendamment du type de signal, une mesure de la valeur de la densité de flux magnétique dans le domaine temps doit être effectuée. Pour des champs ayant plusieurs fréquences, la dépendance des niveaux de référence par rapport à la fréquence doit être prise en compte en appliquant une fonction de transfert A qui est l'inverse du niveau de référence exprimé en fonction de la fréquence.

5.3 Measuring distances, positions and operating mode

The **measuring distances**, sensor locations and operating conditions are specified in Annex A.

The configuration and mode of operation during measurement shall be noted in the test report.

5.4 Magnetic field sensor

Measurement values of flux density are averaged over an area of 100 cm^2 in each direction. The reference sensor consist of three mutually perpendicular concentric coils with a measuring area of $100 \text{ cm}^2 \pm 5 \text{ cm}^2$ to provide isotropic sensitivity. The outside diameter of the reference sensor shall not exceed 13 cm.

For the determination of **coupling factors**, as specified in Annex C, an isotropic sensor having a measuring area of $3 \text{ cm}^2 \pm 0,3 \text{ cm}^2$ is used.

NOTE 1 It is permissible to use a single direction sensor (not isotropic) in combination with an appropriate summation method.

NOTE 2 The final value of the magnetic flux density is the vector addition of the values measured in each direction. This ensures that the measured value is independent of the direction of the magnetic field vector.

5.5 Measuring procedures for magnetic fields

5.5.1 General

The measuring signal shall be evaluated dependent on the frequency. Taking independent field sources into account, the highest measured value shall be taken.

Transient magnetic fields with a duration of less than 200 ms, e.g. during switching events, are disregarded.

If a switching action occurs during the measurements, the measurement has to be repeated.

The measuring equipment is to have a maximum noise level of 5 % of the limit value. Any measured value below the maximum noise level is disregarded.

The background level is to be less than 5 % of the limit value.

The response time for the measuring equipment to reach 90 % of the final value is not to exceed 1 s.

The magnetic flux density is determined by using an averaging time of 1 s.

Shorter sampling times may be used if the source is shown to be constant over a period greater than 1 s for 10 Hz – 400 kHz signals.

During the final measurement the sensor should remain stationary.

5.5.2 Time domain evaluation

Independent of the type of the signal, a time domain measurement of the value of the magnetic flux density can be carried out. For fields with several frequency components, the dependency on the frequency of the reference levels is taken into account by implementing a transfer function A which is inverse of the reference level expressed as a function of the frequency.

La Figure 2 donne un exemple de la dépendance des niveaux de référence par rapport à la fréquence.

La fonction de transfert A est l'inverse du niveau de référence B_{RL} et normalisé à B_0 . La normalisation doit être effectuée à la fréquence f_{C0} .

NOTE Pour la normalisation, il est recommandé d'utiliser les fréquences du secteur (par exemple $f_{C0} = 50$ Hz ou 60 Hz).

La fonction de transfert A doit être établie en utilisant un filtre de premier ordre. La Figure 3 donne un exemple des caractéristiques d'une fonction de transfert.

L'équation générale de la fonction de transfert est:

$$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0})}{B_{RL}(f)} \quad (1)$$

Le point de départ de la fonction de transfert doit être $f_1 = 10$ Hz. Le point final de la fonction de transfert doit être $f_n = 400$ kHz.

NOTE Exemples de valeurs numériques de fonctions de transfert : voir les Tableaux D.1 et D.2.

La séquence suivante doit être utilisée pour les mesures:

- faire une mesure distincte du signal de chaque bobine;
- appliquer une pondération sur chaque signal en utilisant la fonction de transfert;
- élever au carré les valeurs des signaux pondérés;
- additionner les signaux élevés au carré;
- moyenner les valeurs de la somme;
- extraire la racine carrée de la moyenne.

Le résultat est la valeur efficace pondérée de la densité de flux magnétique.

La procédure est schématisée en Figure 4.

NOTE 1 La fonction de transfert A (ligne pointillée en Figure 4) contient les bobines avec leurs caractéristiques différentielles et un filtre passe-bas associé à "un élément à retard" pour fournir l'intégration nécessaire. Le résultat est un signal qui est directement proportionnel à $B(t)$ et qui est corrigé par la fonction de transfert A donnée en Figure 3. Les points d'inflexion en fréquence données par "l'élément à retard" sont les mêmes que dans la fonction de transfert de la Figure 3.

NOTE 2 Les différents moyens par lesquels la fonction de transfert peut être appliquée à un signal dans le domaine temps incluent: le filtre analogique dans un circuit électronique, un circuit DSP pré-programmé, un analyseur de signal, ou des calculs par ordinateur avec un tableur ou un programme dédié.

NOTE 3 Pour de nombreux appareils dans la gamme de fréquence d'alimentation 50/60 Hz et de leurs harmoniques, et associés à des séries de limites qui incluent des limites d'intensité de champ effectivement indépendantes de la fréquence sur la gamme utile, cette méthode peut être appliquée sans fonction de transfert. C'est par exemple possible pour l'IEEE C95.6-2002, norme de sécurité qui a une exposition maximale permise (MPE) constante pour la densité de flux magnétique dans la gamme de fréquence de 20 Hz à 759 Hz. Dans ce cas, une mesure efficace (eff) pure peut être effectuée dans la gamme de fréquence utile et le résultat de mesure peut être directement comparé aux limites.

La valeur réelle mesurée doit être comparée directement au niveau de référence B_{RL} de la densité de flux à 50 Hz. Avec des appareils ayant des champs fortement localisés, ceci doit être réalisé après prise en compte du facteur de couplage $a_c(r_1)$ donné en Annexe C. On doit utiliser B_{RL} à f_{C0} . Le résultat final pondéré W peut être déduit comme suit:

$$W_n = \frac{B_{rms}}{B_{RL}} \quad (2)$$

Figure 2 shows an example of the frequency dependency of the reference levels.

The transfer function A is the inverse of the reference level B_{RL} and normalized on B_0 . The normalization shall be done at the frequency f_{C0} .

NOTE 1 It is recommended to use the mains frequency for the normalisation (e.g. $f_{C0} = 50$ Hz or 60 Hz)

The transfer function A is to be established using a first order filter. The Figure 3 shows an example of the characteristics of a transfer function.

The general formula of the transfer function is:

$$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0})}{B_{RL}(f)} \quad (1)$$

The starting point of the transfer function shall be $f_1 = 10$ Hz. The ending point of the transfer function shall be $f_n = 400$ kHz.

NOTE 2 Examples for numerical values of transfer functions see Tables D.1 and D.2

The following sequence is used for the measurements:

- perform a separate measurement of each coil signal;
- apply a weighting to each signal using the transfer function;
- square the weighted signals;
- add the squared signals;
- average the sum;
- obtain the square root of the average.

The result is the weighted r.m.s. value of the magnetic flux density.

This procedure is shown schematically in Figure 4.

NOTE 3 The transfer function A (dashed line in Figure 4) contains the coils with their differentiating characteristics and a low-pass filter with "lag-lead element" to provide the necessary integration. The result is a signal which is directly proportional to $B(t)$ and is rated by the transfer function A shown in Figure 3. The corner frequencies of the "lag-lead element" are the same as in the transfer function in Figure 3.

NOTE 4 Different ways that the transfer function can be applied to a time domain signal include: analog filter in an electronic circuit, pre-programmed DSP chip, a signal analyser, or a digital computer calculation with a spreadsheet package or a custom-written program.

NOTE 5 For many appliances in the power frequency range of 50/60 Hz and their harmonics and limit sets that have field intensity limits effectively independent of frequency over the range of interest, this method can be applied without transfer function. This is for example possible for the IEEE C95.6-2002 Safety Standard that has a constant maximum permissible exposure (MPE) for magnetic flux density in the frequency range from 20 Hz to 759 Hz. In this case a pure RMS measurement can be performed in the frequency range of interest and the measurement result can be directly compared with the limits (e.g. MPE).

The actual measured value shall be compared directly with the reference level B_{RL} of the flux density at 50 Hz. With appliances with highly localised fields, this has to be performed after taking the coupling factor $a_c(r_1)$ given in Annex C into account. B_{RL} at f_{C0} must be used. The final weighted result, W , can be derived as follows:

$$W_n = \frac{B_{rms}}{B_{RL}} \quad (2)$$

ou en appliquant le facteur de couplage $a_c(r_1)$

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (3)$$

où

- W_n est le résultat pondéré pour un résultat de mesure;
- B_{rms} est la valeur efficace (eff) de la densité de flux magnétique;
- B_{RL} est le niveau de référence de la densité de flux magnétique à f_{C0} ;
- $a_c(r_1)$ est le facteur de couplage conformément à l'Annexe C ou au Tableau D.3;
- W_{nc} est le résultat pondéré d'une mesure en prenant en compte le facteur de couplage d'un champ inhomogène par l'application de $a_c(r_1)$.

Le résultat pondéré W ne doit pas excéder la valeur 1.

5.5.3 Evaluation par spectre de raies

Cette méthode peut être utilisée quand il y a uniquement un spectre de raies, par exemple pour les champs magnétiques ayant une fréquence fondamentale 50 Hz et quelques harmoniques (voir Article 4).

La densité de flux magnétique est mesurée à chaque fréquence concernée. Cela peut être réalisé par l'enregistrement du signal temporel de la densité de flux et en utilisant une transformée de Fourier pour évaluer les composantes spectrales.

La séquence suivante doit être utilisée pour les mesures:

- faire une mesure distincte du signal de chaque bobine (x, y, z);
- intégrer des signaux pour obtenir une valeur directement proportionnelle à $B(t)$;
- faire une transformée de Fourier discrète sur le signal de chaque bobine pour obtenir le spectre des amplitudes discrètes estimées $B(i)$ représentant les valeurs efficaces aux fréquences discrètes $f(i) = i / T0$ ($T0$ = instant de l'observation);
- trouver la valeur maximale locale avec $B(j)$ à la fréquence $f(j)$ par interpolation du spectre discret $B(i)$;
- faire une addition vectorielle des trois directions pour chaque raie discrète $B(j)$ du spectre.

$$B(j) = \sqrt{B_x^2(j) + B_y^2(j) + B_z^2(j)} \quad (4)$$

NOTE Les deux dernières opérations, de l'algorithme peuvent être permutées en appliquant l'équation (4) avec $B(i)$ au lieu de $B(j)$.

Le résultat de l'équation (4) est la valeur de la densité de flux magnétique pour chaque fréquence détectée.

Pour comparer les valeurs mesurées avec les limites, le niveau de référence $B_{RL}(j)$ doit être utilisé. Pour les appareils ayant des champs fortement localisés, le facteur de couplage $a_c(r_1)$ donné en Annexe C peut être pris en compte. Pour les champs ayant plusieurs fréquences, le calcul d'une somme pondérée est nécessaire.

Le résultat pondéré est obtenu à partir de l'équation suivante:

$$W_n = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\frac{B(j)}{B_{RL}(j)} \right)^2} \quad (5)$$

or applying the coupling factor $a_c(r_1)$

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (3)$$

where

- W_n : weighted result for one measurement
- B_{rms} : r.m.s. value of the magnetic flux density
- B_{RL} : reference level of the magnetic flux density at f_{C0}
- $a_c(r_1)$: coupling factor according to Annex C or Table D.3.
- W_{nc} : weighted result for one measurement taking the coupling of the inhomogeneous field into account by applying $a_c(r_1)$

The determined weighted result W shall not exceed the value 1

5.5.3 Line spectrum evaluation

This method may be used when there is only a line spectrum, for example for magnetic fields having a fundamental frequency 50 Hz and some harmonics. See Clause 4.

The magnetic flux density is measured at each relevant frequency. This can be achieved by recording the time signal of the flux density and using a Fourier transformation for evaluating the spectral components.

The following sequence is used for the measurements:

- perform a separate measurement of each coil signal (x, y, z);
- integrate the signals to get a value which is directly proportional to $B(t)$;
- perform a discrete Fourier transform for each coil to obtain the estimated discrete magnitude spectrum $B(i)$ representing r.m.s values at the discrete frequencies $f(i) = i / T0$. ($T0$ = observation time);
- find the local maxima with $B(i)$ at frequency $f(j)$ by interpolating the discrete spectrum $B(i)$;
- perform a vector addition of all three directions for every discrete spectral line $B(j)$.

$$B(j) = \sqrt{B_x^2(j) + B_y^2(j) + B_z^2(j)} \quad (4)$$

NOTE The last two operations of the algorithm can be interchanged by using Equation (4) with $B(i)$ instead of $B(j)$.

Result is the amount of the magnetic flux density for each detected frequency.

To compare the measured values with limits, the reference level $B_{RL}(j)$ must be used. For appliances with highly localised fields the coupling factor $a_c(r_1)$ given in Annex C can be taken into account. For fields with several frequency proportions the calculation of a frequency weighted sum is necessary.

The weighted result is obtained from the following formula:

$$W_n = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\frac{B(j)}{B_{RL}(j)} \right)^2} \quad (5)$$

ou en appliquant le facteur de couplage $a_c(r_1)$:

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (6)$$

NOTE Le facteur de couplage peut être indépendant de la fréquence: pour plus de détails, voir l'Annexe C.

$B(j)$ est la densité de flux magnétique à l'ordre j de la raie de fréquence du spectre mesuré;

$B_{RL}(j)$ est le niveau de référence de la densité de flux magnétique à l'ordre j de la fréquence;

$a_c(r_1)$ est le facteur de couplage en accord avec l'Annexe C ou le Tableau D.3;

W_n : est le résultat pondéré pour une mesure;

W_{nc} est le résultat pondéré pour une mesure, prenant en compte le couplage pour un champ inhomogène, par application de $a_c(r_1)$.

La valeur pondérée W déterminée ne doit pas excéder 1.

Pour faire une comparaison seulement avec 1, il n'est pas nécessaire d'extraire la racine.

NOTE Une sommation pure conduit toujours à une surestimation de l'exposition et pour les champs à large bande consistant en des composantes harmoniques de hautes fréquences ou en bruit, la limite basée sur l'équation de sommation est très conservatrice parce que les amplitudes ne sont pas en phase. Avec la plupart des instruments de mesure, les phases relatives ne sont pas mesurées (par exemple si on utilise un analyseur de spectre), mais une sommation des valeurs efficace des composantes de fréquence peut être effectuée. Cela conduit généralement à des résultats plus réalistes que dans le cas où on néglige complètement les phases.

5.5.4 Méthodes d'essai alternatives

Les appareils qui sont construits de sorte qu'ils ne peuvent produire des champs magnétiques qu'aux fréquences du secteur et à leurs harmoniques, nécessitent seulement d'être soumis à essai dans la plage de fréquence en dessous de 2 kHz.

En fonction de la série de niveaux de référence sélectionnés, les procédures d'essai simplifiées peuvent être appliquées à ces appareils.

NOTE 1 Toutes ces méthodes sont conservatrices et ne donnent pas de valeur mesurée, mais seulement un critère oui/non. Echouer à ces procédures ne signifie pas que les exigences de cette norme ne sont pas respectées. Dans ce cas, les méthodes précises de 5.5.2 ou 5.5.3 peuvent être utilisées.

NOTE 2 Les courants harmoniques peuvent être mesurés en accord avec la norme CEI 61000-3-2. Dans de nombreux cas, ces valeurs sont déjà connues.

5.5.4.1 Le niveau de référence décroît avec un gradient limité

Si le niveau de référence dans une gamme de fréquence en investigation décroît avec un gradient inférieur à $1/f$, l'une des deux méthodes suivantes peut être appliquée.

NOTE Ceci est correct par exemple pour les niveaux de référence donnés par les guides de l'ICNIRP pour l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques alternatifs, comme indiqué en Annexe B.

5.5.4.1.1 Gradient limité; première procédure

Les appareils sont conformes aux exigences de cette norme quand les deux conditions suivantes sont remplies simultanément:

- la densité de flux magnétique pendant la mesure large bande non pondérée (sans application d'une fonction de transfert) est inférieure à 30 % du niveau de référence à la fréquence du secteur ;
- tous les courants harmoniques dont l'amplitude est supérieure à 10 % de l'amplitude à la fréquence du secteur décroissent de façon continue sur la gamme de fréquence en investigation.

Si la première condition ($B < 30$ % du niveau de référence) n'est pas respectée, la conformité peut être vérifiée en utilisant la seconde procédure (voir 5.5.4.1.2).

or applying the coupling factor $a_c(r_1)$:

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (6)$$

NOTE Coupling factor can be independent of frequency, for details see Annex C

$B(j)$: magnetic flux density at the order of j frequency line of the measured spectrum

$B_{RL}(j)$: reference level of the magnetic flux density at the order of j frequency.

$a_c(r_1)$: coupling factor according to Annex C or Table D.3.

W_n : weighted result for one measurement.

W_{nc} : weighted result for one measurement taking the coupling of the inhomogeneous field into account by applying $a_c(r_1)$

The determined weighted W shall not exceed the value 1.

For drawing a comparison only with 1 it is not necessary to extract the root.

NOTE A pure summation always results in an overestimation of the exposure and for broadband fields consisting of higher frequencies harmonic components or noise, the limitation based on summation formula is very conservative because the amplitudes are not in the same phase. With most measurement equipment the relative phases are not measured (for example if a spectrum analyser is used), but an rms summation of frequency components can be undertaken. This will usually give a more realistic outcome than neglecting phase completely.

5.5.4 Alternative test methods

Appliances that are constructed so that they can only produce magnetic fields at mains frequency and its harmonics, need only be tested in the frequency range below 2 kHz.

Depending on the chosen set of reference levels, for these appliances simplified test procedures can be applied.

NOTE 1 All of these methods are conservative ones and give no measured values, but only a yes/no criterion. Failing these procedures does not mean that the requirements of this standard are not fulfilled. In this case the precise methods in 5.5.2 or 5.5.3 can be used.

NOTE 2 The harmonic currents can be measured according to the standard IEC 61000-3-2. In a lot of cases these values are known already.

5.5.4.1 The reference level decreases with a limited gradient

If the reference level in the investigated frequency range decreases with a gradient not more than $1/f$, one of the following two methods can be applied:

NOTE This is correct e.g. for the reference levels in the ICNIRP guidelines for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields, as given in Annex B.

5.5.4.1.1 Limited gradient, first procedure

The appliance complies with the requirements of this standard, when both the following conditions are fulfilled:

- the magnetic flux density during an unweighted broadband measurement, (without implemented transfer function) is less than 30 % of the reference level at the mains frequency;
- all harmonic currents with amplitudes higher than 10 % of the amplitude on the mains frequency decrease continuously over the investigated frequency range.

If the first condition ($B < 30$ % of the reference level) is not fulfilled, compliance with the procedure of 5.5.4.1.2 may be checked:

5.5.4.1.2 Gradient limité; seconde procédure

L'appareil est conforme aux exigences de cette norme si les trois conditions suivantes sont respectées simultanément:

- la densité de flux magnétique à la fréquence du secteur est inférieure à 50 % du niveau de référence à la fréquence du secteur;
- la densité de flux magnétique mesurée pendant la mesure large bande non pondérée (sans application de la fonction de transfert) sur la gamme de fréquence considérée, et alors que la contribution de la fréquence du secteur est supprimée (filtre passe-bande actif), est inférieure à 15 % du niveau de référence à la fréquence du secteur;
- tous les courants harmoniques dont l'amplitude est supérieure à 10 % de l'amplitude à la fréquence du secteur décroissent de façon continue sur la gamme de fréquence en investigation.

5.5.4.2 Niveau de référence constant

Si le niveau de référence est constant au moins jusqu'à la 10^e harmonique de la fréquence du secteur et si les fréquences plus hautes de la gamme considérée restent constantes ou décroissent avec un gradient inférieur à $1/f$, les méthodes données en 5.5.4.1 peuvent être appliquées sans mesure additionnelle des courants harmoniques.

NOTE Ceci est correct par exemple pour les niveaux de référence des normes IEEE pour les niveaux de sécurité pour l'exposition humaine aux champs électriques et magnétiques de 0 kHz à 3 kHz, comme indiqué en Annexe B.

Dans ce cas, les méthodes d'essai simplifiées doivent être appliquées comme dans les deux paragraphes qui suivent.

5.5.4.2.1 Niveau de référence constant: première procédure

L'appareil est conforme aux exigences de la présente norme si la condition suivante est respectée:

- la densité de flux magnétique pendant la mesure large bande non pondérée (sans application de la fonction de transfert) est inférieure à 30 % du niveau de référence à la fréquence du secteur.

Si cette condition n'est pas respectée, la conformité peut être vérifiée en utilisant la seconde procédure, indiquée au paragraphe ci-dessous.

5.5.4.2.2 Niveau de référence constant: seconde procédure

L'appareil est conforme aux exigences de cette norme quand les deux conditions suivantes sont respectées simultanément:

- la densité de flux magnétique à la fréquence du secteur est inférieure à 50 % du niveau de référence à la fréquence du secteur;
- la densité de flux magnétique mesurée pendant la mesure large bande non pondérée (sans application de la fonction de transfert) sur la gamme de fréquence considérée, et alors que la contribution de la fréquence du secteur est supprimée (filtre passe-bande actif), est inférieure à 15 % du niveau de référence à la fréquence du secteur.

5.6 Incertitudes de mesure

L'incertitude de mesure globale maximale ne doit pas excéder 25 % de la limite. Un guide pour l'évaluation de l'incertitude est disponible dans la CEI 61786.

NOTE 1 L'incertitude totale de mesure peut inclure des aspects tels que la position de la sonde, les conditions opératoires, le bruit de fond ou le fait que le signal peut excéder la gamme dynamique de l'instrument de mesure.

NOTE 2 Si l'incertitude de mesure excède 25 % de la valeur mesurée, l'incertitude nécessite d'être convertie en une valeur basée sur la limite à utiliser.

5.5.4.1.2 Limited gradient, second procedure

The appliance complies with the requirements of this standard, when all of the following three conditions are fulfilled:

- the magnetic flux density at the mains frequency is less than 50 % of the reference level at the mains frequency;
- the measured magnetic flux density during an unweighted broadband measurement (without implemented transfer function) over the investigated frequency range, while the input at the mains frequency is suppressed (active notch filter), is less than 15 % of the reference level at the mains frequency;
- all harmonic currents with amplitudes higher than 10 % of the amplitude on the mains frequency decrease continuously over the investigated frequency range.

5.5.4.2 Constant reference level

If the reference level is constant at least up to the 10th harmonic of the mains frequency and at higher frequencies in the investigated frequency range remains constant or decreases with a gradient not more than $1/f$, the methods, given in 5.5.4.1 can be applied without the additional measurement of the harmonic currents.

NOTE This is correct e.g. for the reference levels in the IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric and magnetic fields, 0 kHz to 3 kHz, as given in Annex B.

The simplified test methods in this case have to be applied as follows.

5.5.4.2.1 Constant reference level, first procedure

The appliance complies with the requirements of this standard, when the following condition is fulfilled:

- the magnetic flux density during an unweighted broadband measurement, (without implemented transfer function) is less than 30 % of the reference level at the mains frequency.

If this condition is not fulfilled, compliance with the following procedure may be checked:

5.5.4.2.2 Constant reference level, second procedure

The appliance complies with the requirements of this standard, when both the following conditions are fulfilled:

- the magnetic flux density at the mains frequency is less than 50 % of the reference level at the mains frequency;
- the measured magnetic flux density during an unweighted broadband measurement (without implemented transfer function) over the investigated frequency range, while the input at the mains frequency is suppressed (active notch filter), is less than 15 % of the reference level at the mains frequency.

5.6 Measurement uncertainty

The maximum overall measurement uncertainty shall not exceed 25 % of the limit. Guidance to assess uncertainty is provided in IEC 61786.

NOTE 1 The total measurement uncertainty can comprise aspects such as sensor position, operating conditions, noise background or the signal exceeding the dynamic range of the measuring instrument.

NOTE 2 If the measurement uncertainty exceeds 25 % of the measured value, the uncertainty needs to be converted to a value based on the limits being used.

Quand le résultat doit être comparé à une limite, l'incertitude de mesure doit être traitée comme suit:

- pour établir si l'appareil produit seulement des champs en dessous de la limite, l'incertitude de mesure doit être ajoutée au résultat et la somme doit être comparée à la limite;

NOTE Ceci s'applique par exemple aux mesures effectuées par le fabricant.

- pour établir si l'appareil produit des champs au-dessus de la limite, l'incertitude de mesure doit être soustraite au résultat de mesure et la différence doit être comparée à la limite.

NOTE Ceci s'applique par exemple aux mesures effectuées par les autorités de surveillance du marché.

5.7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit inclure au minimum les points mentionnés ci-dessous.

- Identification de l'appareil
- Spécification de l'équipement de mesure
- Mode opératoire, positions de mesure et distances de mesure si non spécifiés dans l'Annexe A
- Tension et fréquences assignées
- Méthode de mesure
- Valeur maximale mesurée, pondérée avec le facteur de couplage si applicable
- Jeu de limites appliquée
- Incertitude de mesure, si le résultat de la mesure excède 75 % de la limite

6 Résultats d'évaluation

Les exigences de cette norme sont respectées

- si les valeurs mesurées, en prenant en compte l'incertitude de mesure (voir 5.6) n'excèdent pas les niveaux de référence ou,
- si une valeur mesurée excède le niveau de référence, le facteur de couplage peut être pris en compte pour montrer que les restrictions de base sont respectées. Pour des appareils spécifiques, le facteur de couplage $a_c(r_1)$ correspondant peut être déterminé comme décrit en Annexe C ou,
- si la valeur excède encore le niveau de référence quand le facteur de couplage est utilisé, cela n'implique pas nécessairement que les restrictions de base seront dépassées. Il doit être vérifié, par exemple par une méthode de calcul, que les restrictions de base sont respectées ou non.

NOTE Pour les méthodes de calcul, la CEI 62226 peut être utilisée.

When the result has to be compared with a limit, the measurement uncertainty shall be implemented as follows:

- to establish whether an appliance produces only fields below the limit, the measurement uncertainty has to be added to the result and the sum has to be compared with the limit;

NOTE This applies e.g. for measurements carried out by the manufacturer.

- to establish whether an appliance produces fields over the limit, the measurement uncertainty has to be subtracted from the result and the difference has to be compared with the limit.

NOTE This applies e.g. for measurements carried out by authorities for market surveillance purposes.

5.7 Test report

The test report shall include at least the following items:

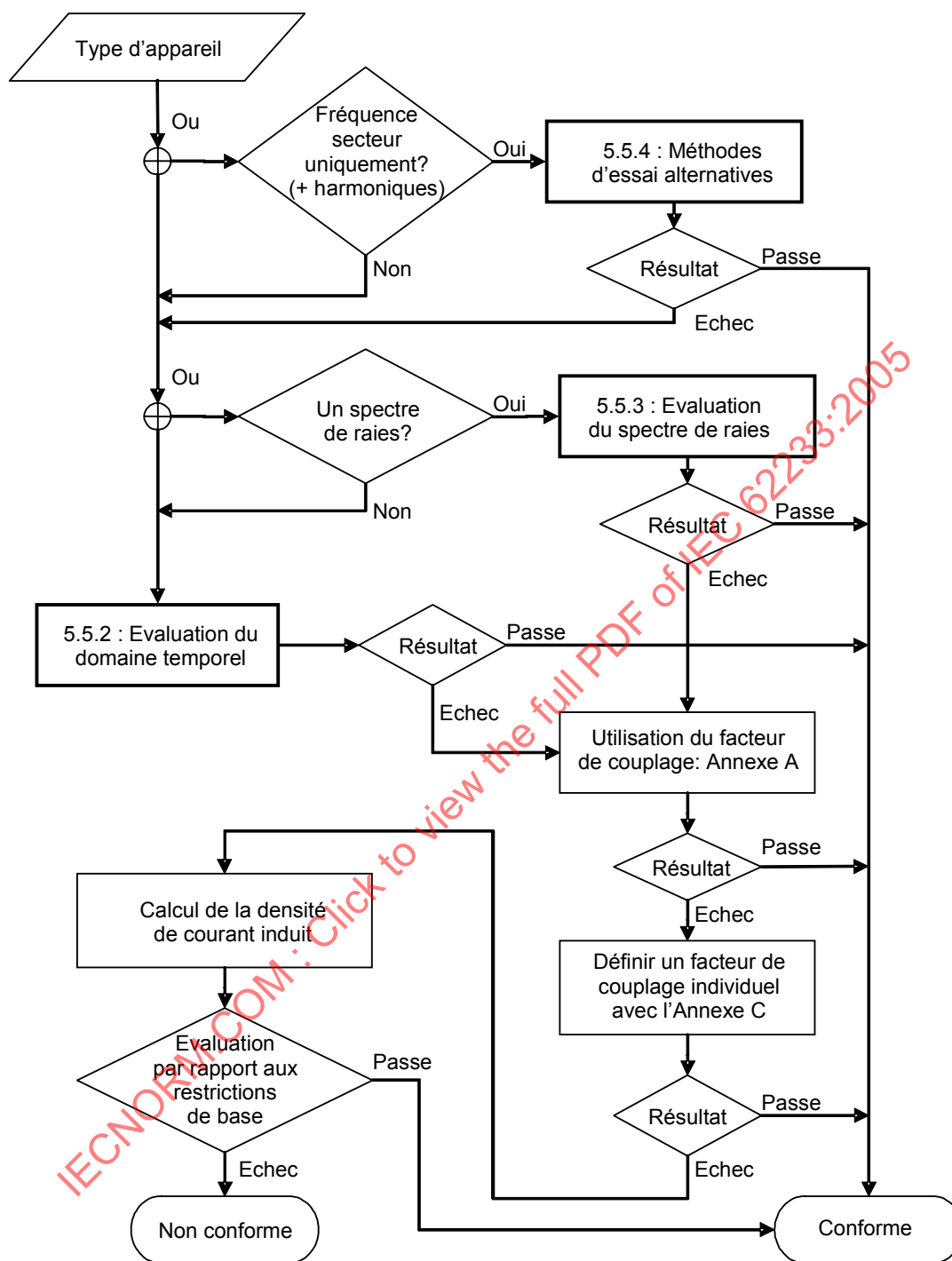
- Identification of the appliance
- specification of the measuring equipment
- operating mode, measuring positions and measuring distance unless specified in Annex A
- rated voltage and frequency
- measuring method
- measured maximum value, weighted with the coupling factor if applicable
- applied limit set
- measurement uncertainty, if the measured result is more than 75 % of the limit.

6 Evaluation of results

The requirements of this standard are fulfilled:

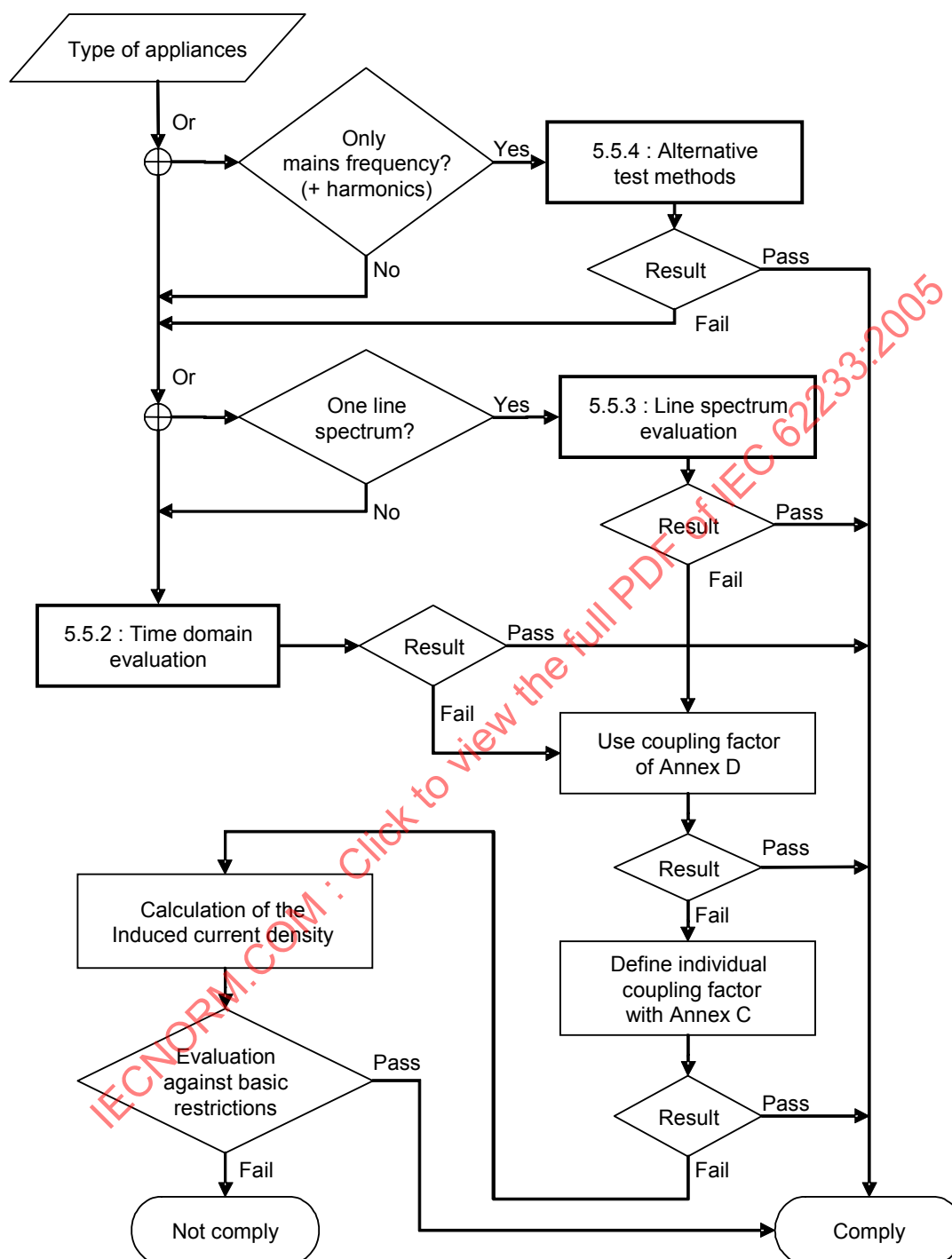
- if the measured values with measurement uncertainty taken into account (see 5.6) do not exceed the reference levels, or
- if a measured value exceeds the reference level the coupling factor can be taken into account to show that the basic restrictions are met. For specific apparatus the corresponding coupling factor $a_c(r_1)$ can be determined as described in Annex C, or
- if the value still exceeds the reference level when using the coupling factor, it does not necessarily follow that the basic restrictions will be exceeded. It shall be verified, e.g. by calculation methods, whether the basic restrictions are fulfilled or not.

NOTE For calculation methods, IEC 62226 can be used.



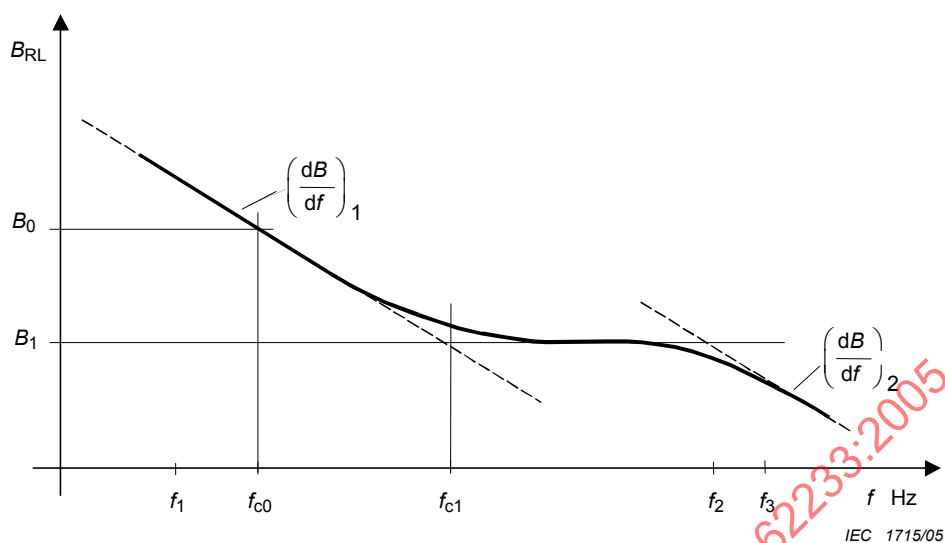
IEC 1714/05

Figure 1 – Recommandations pour la sélection de la méthode d'essai en partant de l'évaluation par rapport aux niveaux de référence



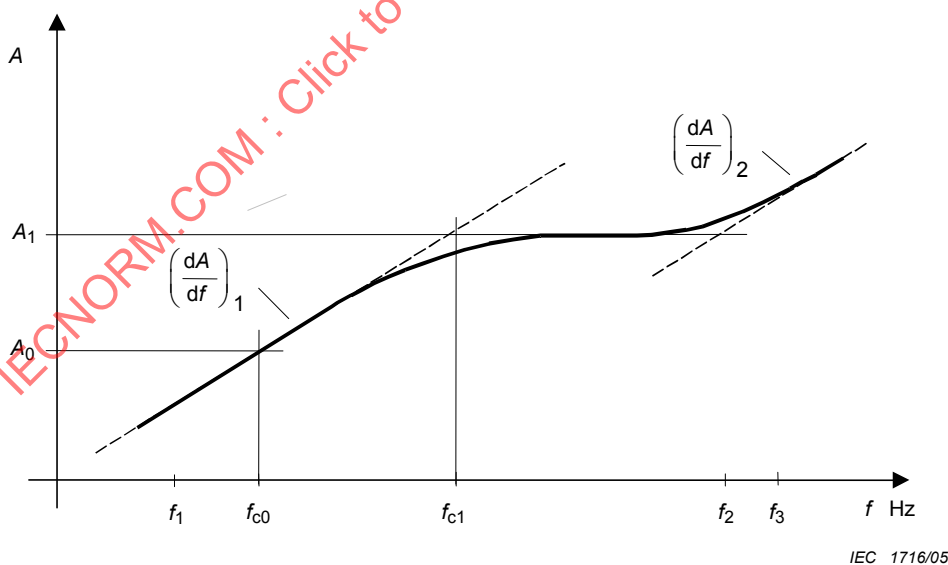
IEC 1714/05

Figure 1 – Recommendations for the choice of the test method starting with the evaluation against the reference levels



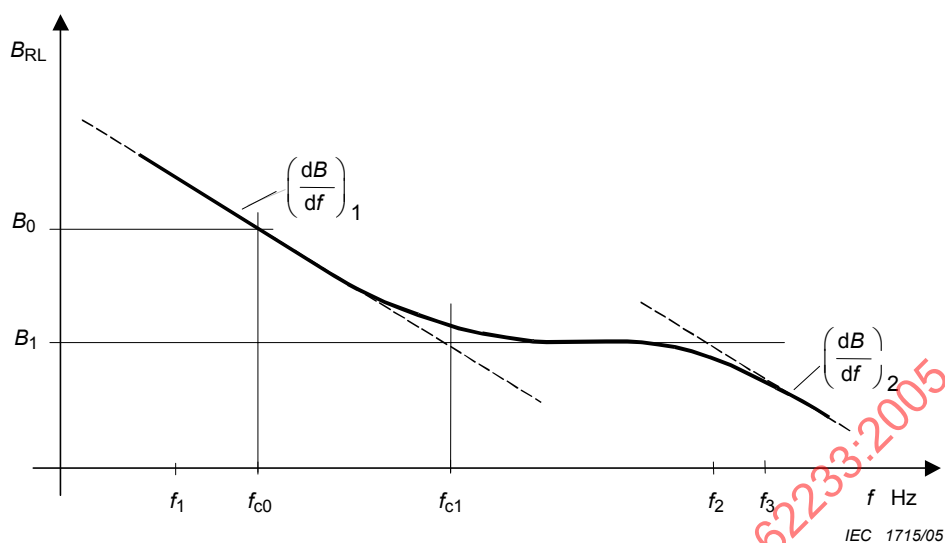
avec $B(f_{c0}) = B_0$, $B(f_{c1}) = B_1$ et les gradients $\left(\frac{dB}{df}\right)_n$

Figure 2 – Exemple de la dépendance des niveaux de référence par rapport à la fréquence, avec des raccords arrondis



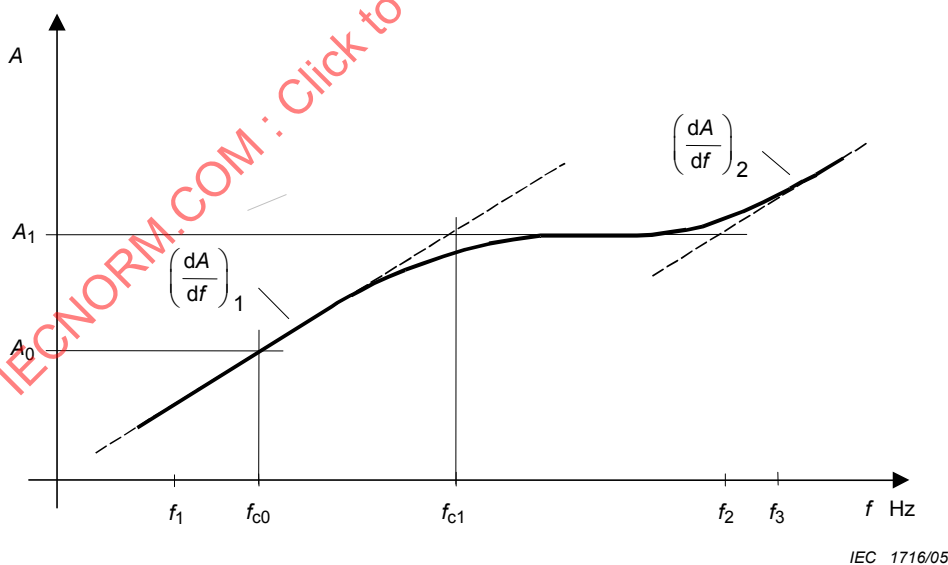
avec $A(f_{c0}) = A_0 = \frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_0} = 1$; $A(f_{c1}) = A_1 = \frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_1}$; $\left(\frac{dA}{df}\right)_n = \left[\left(\frac{dB}{df}\right)_n\right]^{-1}$

Figure 3 – Exemple pour une fonction de transfert A correspondant au niveau de référence de la Figure 2



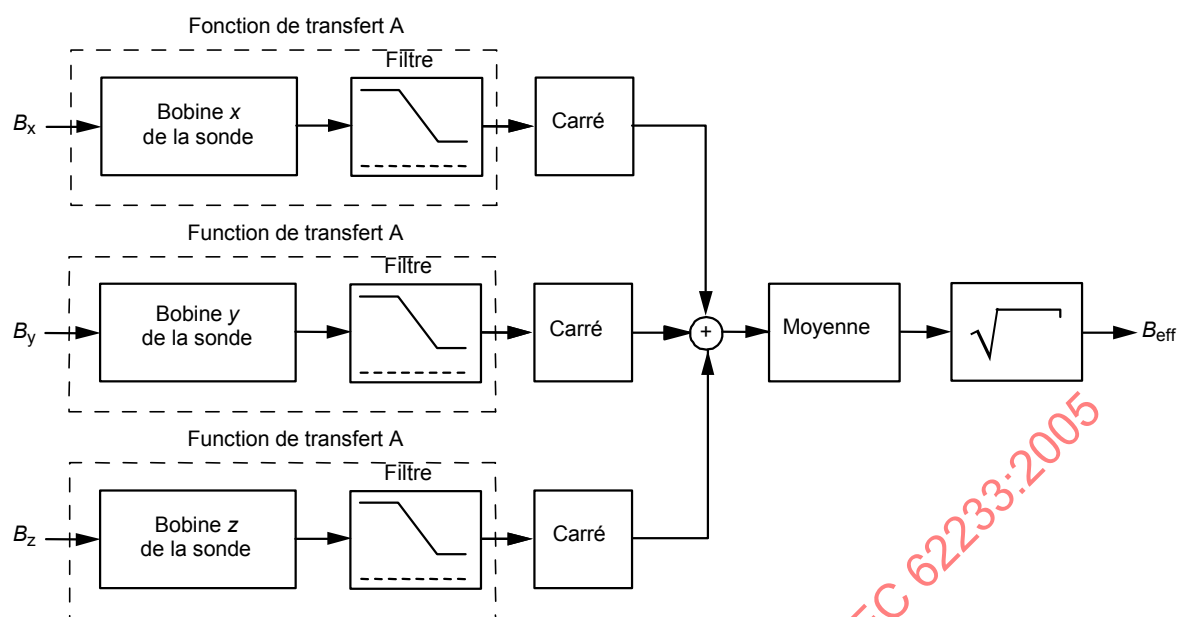
with $B(f_{c0}) = B_0$, $B(f_{c1}) = B_1$ and the gradients $\left(\frac{dB}{df}\right)_n$

Figure 2 – Example for dependency on frequency of the reference levels with smoothed edges



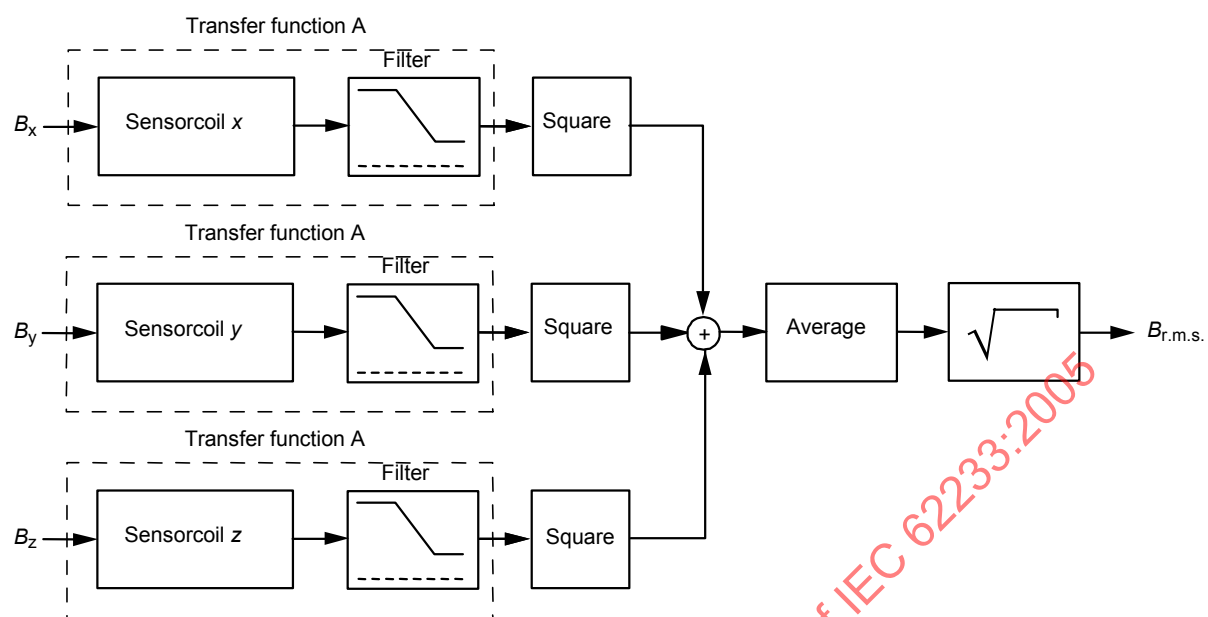
With $A(f_{c0}) = A_0 = \frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_0} = 1$; $A(f_{c1}) = A_1 = \frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_1}$; $\left(\frac{dA}{df}\right)_n = \left[\left(\frac{dB}{df}\right)_n\right]^{-1}$

Figure 3 – Example for a transfer function A corresponding to the reference level of Figure 2



IEC 1717/05

Figure 4 – Diagramme schématique de la méthode de référence



IEC 1717/05

Figure 4 – Schematic diagram of the reference method

Annexe A (normative)

Conditions d'essai pour la mesure de la densité de flux magnétique

A.1 Généralités

Les mesures sont effectuées dans les conditions spécifiées au Tableau A.1, l'appareil étant positionné tel qu'en son utilisation normale.

Si l'appareil n'est pas listé dans le Tableau A.1 ou utilisé de façon différente, les conditions opératoires, la distance de mesure, et la localisation des sondes sont tels qu'elles protègent contre les effets sur les tissus du système nerveux central au niveau de la tête et du tronc du corps humain. Si le manuel de l'utilisateur définit explicitement des conditions opératoires, l'installation et des positions de fonctionnement, les mesures doivent être effectuées dans ces conditions, sinon voir ci-dessous.

NOTE La mesure pour les membres peut être menée si les limites applicables incluent des limites d'expositions pour les membres.

A.1.1 Conditions opératoires

- a) Réglage maximal
- b) La condition opératoire comme spécifiée dans les séries appropriées CISPR 14-1, ou sans charge, si c'est possible.

Les spécifications des fabricants relatives aux opérations de courte durée doivent être prises en compte.

Le temps de stabilisation n'est pas spécifié mais avant l'essai, l'appareil est mis en marche pendant une période suffisante pour s'assurer que les conditions de fonctionnement sont typiques de celles d'une utilisation normale.

Les appareils doivent fonctionner comme en utilisation normale et avec une alimentation qui fournit la tension assignée $\pm 2\%$ et la fréquence assignée $\pm 2\%$ de l'appareil.

Si une gamme de tension ou une gamme de fréquence est indiquée, la tension d'alimentation et/ou la fréquence doivent être la tension nominale et/ou la fréquence du pays ou de la région auquel l'appareil est destiné.

Les commandes sont réglées à leur valeur maximale, sauf spécification différente dans le Tableau A.1. Cependant, les commandes pré-réglées sont utilisées à leur position prévue. Les mesures sont effectuées quand l'appareil est sous tension.

Les essais sont effectués à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$

A.1.2 Distance de mesure

- c) Lorsque l'appareil utilisé est en contact avec le partie du corps concernée: 0 cm
- d) Autres appareils: 30 cm

Annex A

(normative)

Test conditions for the measurement of magnetic flux density

A.1 General

The measurements are carried out under the conditions specified in Table A.1, the appliance being positioned as in normal use.

If the appliance is not listed or different using mode from Table A.1, the operating conditions, measuring distance, and sensor locations are as follows to protect against effects on central nervous system tissues in the head and trunk of the body. If the user's manual explicitly defines operating conditions, installation and operating positions, the measurements are carried out under those conditions, otherwise see below.

NOTE Measurement of limbs may need to be addressed if the applied limit sets include exposure limits for limbs.

A.1.1 Operating condition

- a) Maximum setting.
- b) The operating condition as specified in the relevant CISPR 14-1 series or without load, if possible.

Manufacturer's specifications regarding short time operation have to be taken into account.

The running-in time is not specified but, prior to testing, the appliance is operated for a sufficient period to ensure that the conditions of operation are typical of those during normal use.

The appliances shall be operated as in normal use from a supply which provides the rated voltage $\pm 2\%$ and the rated frequency $\pm 2\%$ of the appliance.

If a voltage range and/or a frequency range are indicated, then the supply voltage and/or frequency shall be the nominal voltage and/or frequency of the country or region in which the appliance is intended to be used.

Controls are adjusted to the highest setting, unless otherwise specified in Table A.1. However, pre-set controls are used in the intended position. The measurements are made while the appliance is energized.

Tests are carried out at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

A.1.2 Measuring distance

- a) The appliance used in contact with the relevant parts of the body: 0 cm.
- b) Other appliances: 30 cm.

A.1.3 Localisation des sondes

- a) L'appareil utilisé est en contact avec la partie du corps concernée: vers l'utilisateur (côté en contact).
- b) Appareil de grandes dimensions, non transportable: façade (côté opérationnel) et les autres côtés auxquels les personnes peuvent avoir accès (voir Figure A.1).
- c) Autres appareils: autour (voir Figure A.2).

A.2 Distances de mesure, localisation de la sonde et conditions opératoires pour des appareils spécifiques

A.2.1 Equipement multifonction

Un équipement multifonction qui est soumis simultanément à différents articles de cette norme doit être soumis à essai avec chaque fonction opérant séparément, si cela peut être fait sans apporter de modification interne à l'équipement.

Pour un équipement qu'il n'est pas possible sur le plan pratique de soumettre à essai avec chaque fonction opérant séparément ou dans le cas où l'isolement d'une fonction particulière résulterait dans l'incapacité d'utiliser pleinement l'équipement dans sa fonction primaire, l'équipement doit fonctionner avec le minimum de fonctions exigées pour le fonctionnement.

A.2.2 Equipement fonctionnant sur batterie

Si l'appareil peut être connecté au secteur, il doit être soumis à essai en fonctionnant dans chacun des modes d'alimentation permis. Quand le fonctionnement est assuré par la batterie, la batterie doit être complètement chargée avant de commencer l'essai.

A.2.3 Distances de mesure et localisation de la sonde

Les distances de mesure du Tableau A.1 ont été définies pour la protection contre les effets sur les tissus du système nerveux central dans la tête et le tronc du corps, en se basant sur la localisation prévue de l'opérateur pendant un fonctionnement normal.

Pour l'exposition des membres, d'autres distances de mesure et d'autres localisations des sondes peuvent être appliquées.

Tableau A.1 – Distances de mesure, localisation de la sonde et conditions opératoires

Type d'appareil	Distance de mesure r_1 sauf spécification différente dans les instructions d'utilisation	Localisation des sondes	Conditions opératoires
Purificateurs d'air	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Climatiseurs	30 cm	Autour	Mode refroidissement: Réglage à la température la plus basse, et à la température ambiante de $(30 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Mode chauffage: Réglage à la température maximale, et à la température ambiante de $(15 \pm 5) ^\circ\text{C}$. La température ambiante est définie comme étant la température du flux d'air de la partie située à l'intérieur.

A.1.3 Sensor location

- a) Appliance in contact with the relevant parts of the body: toward user (contact side).
- b) Un-transportable large appliance: front (operating side) and the other sides to which persons can access (see Figure A.1).
- c) Other appliances: around (see Figure A.2).

A.2 Measuring distances, sensor location and operating conditions for specific appliances

A.2.1 Multifunction equipment

Multifunction equipment, which is subjected simultaneously to different clauses of this standard, shall be tested with each function operated separately, if this can be achieved without modifying the equipment internally.

For equipment for which it is not practical to test with each function operated separately, or where the separation of a particular function would result in the equipment being unable to fulfil its primary function, the equipment shall be operated with the minimum number of functions needed to operate.

A.2.2 Battery operated equipment

If the appliance can be connected to the mains it shall be tested operating in each permitted mode. When operating with power from the battery, the battery shall be fully charged prior to start the test.

A.2.3 Measuring distance and sensor location

The measuring distances in Table A.1 have been defined based upon the expected location of the operator during normal operation, to protect against effects on central nervous system tissues in the head and trunk of the body.

For the exposure of limbs, other measuring distances and sensor location may apply.

Table A.1 – Measuring distances, sensor location and operating conditions

Type of apparatus	Measuring distance r_1 unless specified otherwise in operating instructions	Sensor location	Operating conditions
Air cleaners	30 cm	Around	Continuously
Air conditioners	30 cm	Around	Cooling mode: Lowest temperature setting and ambient temperature is (30 ± 5) °C. Heating mode: Highest temperature setting and ambient temperature is (15 ± 5) °C. The ambient temperature is defined as the temperature of the air flow to the indoor unit.

Type d'appareil	Distance de mesure r_1 sauf spécification différente dans les instructions d'utilisation	Localisation des sondes	Conditions opératoires
Chargeurs de batterie (inductifs inclus)	30 cm	Autour	Pendant le chargement d'une batterie vide avec la capacité la plus élevée spécifiée par le fabricant
Appareils pour boisson	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide
Couvertures chauffantes	0 cm	Dessus	Dépliées et étendues sur une feuille d'isolation thermique
Mélangeurs (mixers)	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide
Presse-citron	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide
Réveils	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Cafetières	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-15
Moulins à café	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9.108 de la CEI 60335-2-14
Convecteurs chauffants	30 cm	Autour	Avec sortie maximale
Friteuses	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-13
Appareils d'hygiène dentaire	0 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-52
Epilateurs	0 cm	Contre la lame	Fonctionnement continu, à vide
Lave-vaisselle	30 cm	Dessus, façade	Avec l'eau et sans plat, en mode nettoyage, en mode séchage si disponible
Cuiseurs à oeuf	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-15
Appareils de sauna facial	10 cm	Dessus	Fonctionnement continu
Ventilateurs	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Ventilateurs chauffants	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, réglage au chauffage maximal
Cireuses/lustreuses	30 cm	Autour	Fonctionnement continu sans charge mécanique appliquée à la brosse.
Robots de cuisine	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage à la vitesse maximale
Enceintes de réchauffage de nourriture	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage au chauffage maximal
Chauffe-pieds	30 cm	Dessus	Fonctionnement continu, à vide, réglage au chauffage maximal
Allume-gaz	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Grills	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage au chauffage maximal
Tondeuses à cheveux	0 cm	Contre les lames	Fonctionnement continu, à vide
Sèche-cheveux	10 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage au chauffage maximal
Matelas/nattes chauffants	30 cm	Dessus	Dépliés et étendus sur une feuille d'isolation thermique

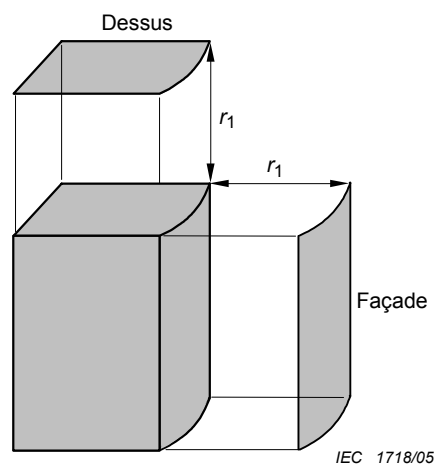
Type of apparatus	Measuring distance r_1 unless specified otherwise in operating instructions	Sensor location	Operating conditions
Battery chargers (including inductive)	30 cm	Around	While charging an empty accumulator with the highest capacity specified by the manufacturer
Beverage makers	30 cm	Around	Continuously, no load
Blankets	0 cm	Top	Spread out and laid on a sheet of thermal insulation
Blenders	30 cm	Around	Continuously, no load
Citrus presses	30 cm	Around	Continuously, no load
Clocks	30 cm	Around	Continuously
Coffee makers	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-15
Coffee mills	30 cm	Around	As specified in 3.1.9.108 of IEC 60335-2-14
Convactor heaters	30 cm	Around	With maximum output
Deep fat fryers	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-13
Dental hygiene appliances	0 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-52
Depilatories	0 cm	Against cutter	Continuously, no load
Dishwashers	30 cm	Top, front	With water and without dishes in the cleaning mode, in the drying mode if available
Egg boilers	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-15
Facial sauna appliances	10 cm	Top	Continuously
Fans	30 cm	Around	Continuously
Fan heaters	30 cm	Around	Continuously, maximum heat setting
Floor polishers	30 cm	Around	Continuously without any mechanical load on the polishing brushes.
Food processors	30 cm	Around	Continuously without load, maximum speed setting
Food warming cabinets	30 cm	Around	Continuously without load, maximum heat setting
Foot warmers	30 cm	Top	Continuously without load, maximum heat setting
Gas igniters	30 cm	Around	Continuously
Grills	30 cm	Around	Continuously without load, maximum heat setting
Hair clippers	0 cm	Against cutter	Continuously without load
Hairdryers	10 cm	Around	Continuously, maximum heat setting
Heating mats	30 cm	Top	Spread out and laid on a sheet of thermal insulation

Type d'appareil	Distance de mesure r_1 sauf spécification différente dans les instructions d'utilisation	Localisation des sondes	Conditions opératoires
Coussins chauffants	0 cm	Dessus	Dépliés et étendus sur une feuille d'isolation thermique
Tables de cuisson	30 cm	Dessus, façade	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-6, mais au réglage maximal, chaque foyer séparément
Sorbetières	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage au refroidissement maximal
Chauffe-liquide	30 cm	Autour	Élément chauffant complètement immergé
Tables de cuisson et plaques chauffantes à induction			Voir Article A.3.
Fers à repasser	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-3
Machines à repasser	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-3
Presse-fruits/légumes	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide
Bouilloires	30 cm	Autour	Rempli d'eau à moitié
Balances de cuisine	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, sans charge
Couteaux	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, sans charge
Robots de cuisine et trancheuses	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, sans charge, réglage de vitesse maximale
Appareils de massage	0 cm	Contre la tête de massage	Fonctionnement continu, sans charge, réglage de vitesse maximale
Fours micro-ondes (La partie RF est couverte par la CEI 60335-2-25)	30 cm	Autour	En continu avec la puissance micro-onde maximale. Les éléments chauffants conventionnels, si disponibles, sont en fonctionnement simultanément et à leur réglage maximal. La charge est 1 l d'eau froide placé au centre de la plaque. Le récipient contenant l'eau doit être en un matériau non conducteur de l'électricité, tel que du verre ou du plastique
Batteurs	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, sans charge, réglage de vitesse maximale
Radiateurs à bain d'huile	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage au chauffage maximal
Fours	30 cm	Dessus, façade	Four vide avec porte fermée, le thermostat étant à son réglage le plus élevé. Aussi en mode nettoyage si disponible, comme décrit dans le manuel d'utilisation
Cuisinière	30 cm	Dessus, façade	Chaque fonction séparément
Hottes aspirantes	30 cm	Dessus, Façade	Commandes aux réglages maximaux
Appareils réfrigérants	30 cm	Dessus, façade	En continu et porte fermée. Le thermostat est réglé pour le refroidissement maximal. L'enceinte est vide. La mesure est faite après que des conditions stables sont atteintes mais avec le refroidissement actif dans tous les compartiments
Cuiseurs pour riz	30 cm	Autour	Remplis d'eau à moitié, réglage du chauffage maximal
Rasoirs	0 cm	Contre la lame	Fonctionnement continu, à vide
Machines de tranchage	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide, réglage de vitesse maximale

Type of apparatus	Measuring distance r_1 unless specified otherwise in operating instructions	Sensor location	Operating conditions
Heating pads	0 cm	Top	Spread out and laid on a sheet of thermal insulation
Hobs	30 cm	Top, front	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-6, but with maximum setting, each heating unit separately
Ice-cream makers	30 cm	Around	Continuously without load, maximum cool setting
Immersion heaters	30 cm	Around	Heating element fully submerged
Induction hobs and hotplates			See A.3.
Irons	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-3
Ironing machines	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-3
Juice extractors	30 cm	Around	Continuously without load
Kettles	30 cm	Around	Half-filled with water
Kitchen scales	30 cm	Around	Continuously without load
Knives	30 cm	Around	Continuously without load
Kitchen machines and slicers	30 cm	Around	Continuously without load, maximum speed setting
Massage appliances	0 cm	Against the massage head	Continuously without load, maximum speed setting
Microwave ovens (the RF part is covered by IEC 60335-2-25)	30 cm	Around	Continuously with maximum microwave power. Conventional heating elements, if available, are operated simultaneously at their maximum setting. The load is 1 l of tap water, placed in the centre of the shelf. The water container shall be made of electrically non-conductive material such as glass or plastic.
Mixers	30 cm*	Around	Continuously without load, maximum speed setting
Oil filled radiators	30 cm	Around	Continuously, maximum heat setting
Ovens	30 cm	Top, front	Oven empty with door closed, thermostat being at the highest setting. Also in the cleaning mode, if available, as described in the instructions for use
Ranges	30 cm	Top, front	Each function separately
Range hoods	30 cm	Bottom, front	Controls at maximum setting
Refrigeration appliances	30 cm	Top, front	Continuously with the door closed. The thermostat is adjusted to maximum cooling. The cabinet is empty. The measurement is made after steady conditions have been reached but with active cooling in all compartments
Rice cookers	30 cm	Around	Half-filled with water, and maximum heat setting.
Shavers	0 cm	Against cutter	Continuously without load
Slicing machines	30 cm	Around	Continuously without load, maximum speed setting

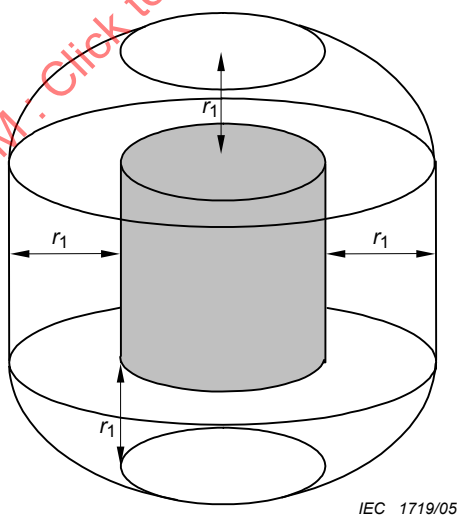
Type d'appareil	Distance de mesure r_1 sauf spécification différente dans les instructions d'utilisation	Localisation des sondes	Conditions opératoires
Solariums	0 cm à l'intérieur 30 cm à l'extérieur	Façade	En continu, réglages maximaux
Essoreuses	30 cm	Dessus, façade	Fonctionnement continu, à vide
Radiateurs à accumulation	30 cm	Autour	En continu, réglages maximaux
Théières	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide
Grille-pain	30 cm	Autour	Fonctionnement continu, à vide; réglage au chauffage maximal
Outils portatif	30 cm	Autour, sauf si le même coté est toujours vers l'utilisateur	Tous les réglages, par exemple la vitesse à leur maximum, à vide
Outils guidés à la main	30 cm	Autour, sauf si le même coté est toujours vers l'utilisateur	Tous les réglages, par exemple la vitesse, à leur maximum, à vide
Outils transportables	30 cm	Dessus et façade, face à l'utilisateur	Tous les réglages, par exemple la vitesse, à leur maximum, à vide
Outils avec élément chauffant	30 cm	Autour, sauf si le même coté est toujours vers l'utilisateur	Réglages de température au maximum, Pistolet à colle avec un bâton de colle en position de travail
Transformateurs pour jouets	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Pistes de jouet: commande électrique et électronique	30 cm	Autour	Fonctionnement continu
Sèche-linge	30 cm	Dessus, façade	Dans le mode séchage, avec du textile en état de prélavage, des draps de coton doublement ourlé ayant des dimensions approximativement de 0,7 m x 0,7 m et une masse entre 140 g/m ² et 175 g/m ² à l'état sec
Aspirateurs à main	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-2
Aspirateurs traîneaux	0 cm	Autour Vers l'utilisateur	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-2
Autres aspirateurs	30 cm	Autour	Comme spécifié en 3.1.9 de la CEI 60335-2-2
Machines à laver le linge et machines à laver et à sécher	30 cm	Dessus, façade	Sans textile, en mode essorage, à la vitesse maximale
Réchauffeurs de lit d'eau	10 cm	Dessus	Déplié et étendu sur une feuille d'isolation thermique
Chauffe-eau	30 cm	Autour	Commandes au réglage maximal, avec l'eau coulante, si nécessaire
Baignoires d'hydro massage	0 cm à l'intérieur 30 cm à l'extérieur	Autour	Fonctionnement continu

Type of Apparatus	Measuring distance r_1 unless specified otherwise in operating instructions	Sensor location	Operating conditions
Solaria	0 cm inside 30 cm outside	Front	Continuously, maximum setting
Spin extractors	30 cm	Top, front	Continuously without load
Storage heaters	30 cm	Around	Continuously, maximum heat setting
Tea makers	30 cm	Around	Continuously, without load
Toasters	30 cm	Around	Without load, maximum heat setting
Tools, hand-held	30 cm	Around, unless the same side is always towards the user	All settings, .e.g. speed set to maximum without load
Tools, hand-guided	30 cm	Around, unless the same side is always towards the user	All settings, .e.g. speed set to maximum without load
Tools, transportable	30 cm	Top and front towards the user	All settings, .e.g. speed set to maximum without load
Tools with heating elements	30 cm	Around, unless the same side is always towards the user	Maximum temperature setting, Glue guns with glue stick in working position
Transformers for toys	30 cm	Around	Continuously
Track sets: electric and electronic controls	30 cm	Around	Continuously
Tumble dryers	30 cm	Top, front	In the drying mode with textile material in form of pre-washed, double-hemmed cotton sheets having dimensions of approximately 0,7 m x 0,7 m and a mass between 140 g/m ² and 175 g/m ² in dry condition.
Vacuum cleaners, handheld	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-2
Vacuum cleaners, body sling	0 cm	Around Toward user	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-2
Vacuum cleaners, others	30 cm	Around	As specified in 3.1.9 of IEC 60335-2-2
Washing machines and washers dryers	30 cm	Top, front	Without textiles, in the spinning mode at highest speed
Water-bed heaters	10 cm	Top	Spread out and laid on a sheet of thermal insulation
Water heaters	30 cm	Around	Controls at maximum setting, with water flowing, if necessary
Whirlpool bath	0 cm inside 30 cm outside	Around	Continuously



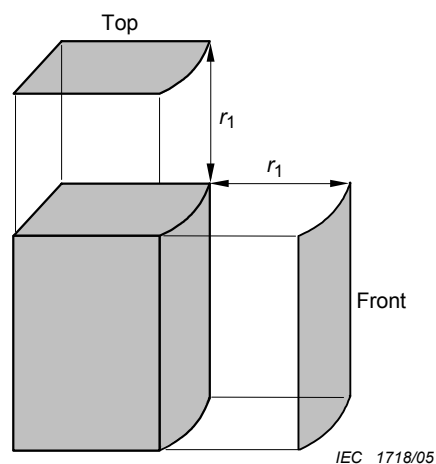
La sonde est déplacée sur la surface, à une distance r_1 du dessus / de la façade de l'appareil.

Figure A.1 – Position de mesure: dessus / façade (voir 3.2.7)



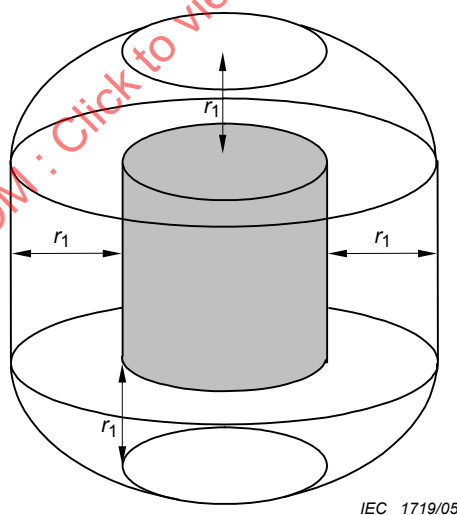
La sonde est déplacée tout autour de l'appareil, là où une personne peut avoir accès, à une distance r_1 , et perpendiculairement à la surface.

Figure A.2 – Position de mesure: autour (voir 3.2.7)



The sensor is moved on a surface at the distance r_1 , from the top / front of the appliance

Figure A.1 – Measuring position: top / front (see 3.2.7)



The sensor is moved all around the appliance, where people have access, at the distance r_1 , perpendicular of its surface

Figure A.2 – Measuring position: around (see 3.2.7)

A.3 Conditions d'essai pour les tables de cuisson et plaques chauffantes à induction

A.3.1 Distances de mesure

Pour chaque zone de cuisson, des mesures sont effectuées le long de quatre lignes verticales (A, B, C, D) avec une distance de 30 cm entre la surface de la sonde et les bords de l'appareil (voir Figure A.3). Les mesures sont effectuées jusqu'à 1 m au-dessus de la zone de cuisson et 0,5 m en dessous de celle-ci. La mesure n'est pas effectuée à l'arrière de l'appareil (ligne D) si l'appareil est destiné à être placé contre un mur lors de son utilisation.

A.3.2 Mode opératoire

Un récipient de cuisson en acier émaillé, rempli d'eau froide jusqu'à moitié environ, est placé sur la zone de cuisson soumise aux mesures.

Le récipient utilisé est le plus petit récipient recommandé par le manuel d'utilisation. S'il n'y a pas de recommandation, le plus petit récipient standard qui couvre la zone de cuisson est utilisé. Les diamètres des récipients de cuisson standard sont: 110 mm, 145 mm, 180 mm, 210 mm et 300 mm.

Les éléments de chauffage par induction sont actionnés à tour de rôle, les autres zones de cuisson n'étant pas recouvertes.

Les réglages de puissance sont établis aux valeurs maximales.

Les mesures sont effectuées une fois les conditions stables de fonctionnement atteintes.

Si des conditions stables ne peuvent être atteintes, il convient de définir un temps d'observation approprié (par exemple 30 s) pour être sûr d'obtenir la valeur maximale pour les sources de champ fluctuant.

NOTE Du fait de la répartition de puissance entre les éléments de chauffage par induction, le champ magnétique le plus élevé et continu est obtenu quand chaque unité fonctionne séparément.

A.3 Test conditions for induction hobs and hotplates

A.3.1 Measuring distances

For each cooking zone measurements are made along four vertical lines (A, B, C, D) at a distance of 30 cm from the edges of the appliance to the surface of the sensor (see Figure A.3). The measurements are made up to 1 m above the cooking zone and 0,5 m below it. The measurement is not made at the rear of the appliance (line D) if it is intended to be used when placed against a wall.

A.3.2 Operating mode

An enamelled steel cooking vessel, approximately half filled with tap water is placed centrally on the cooking zone to be measured.

The smallest vessel recommended in the instructions for use is used. If no recommendations are provided, the smallest standard vessel that covers the marked cooking zone is used. The bottom diameters of standard cooking vessels are: 110 mm, 145 mm, 180 mm, 210 mm and 300 mm.

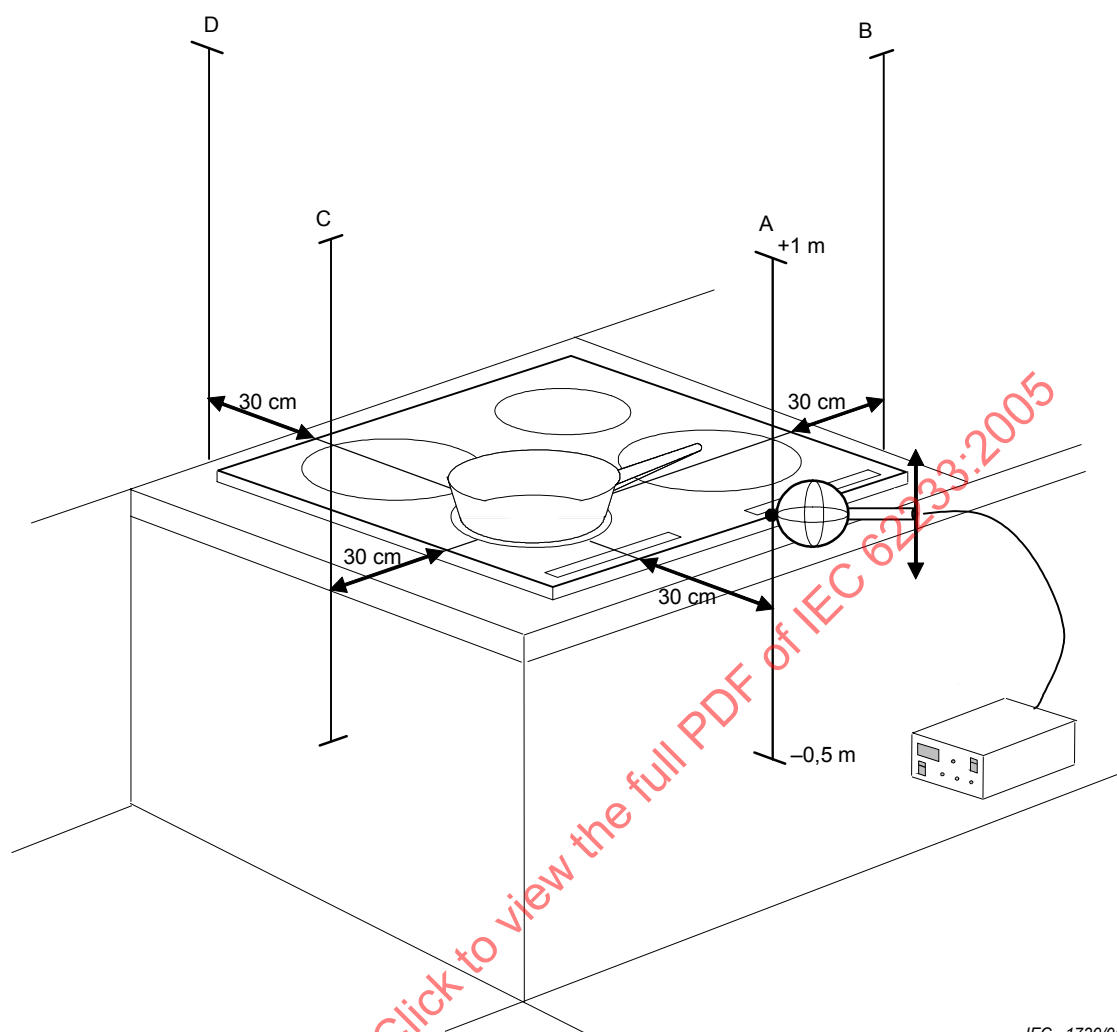
The induction heating units are operated in turn, the other cooking zones not being covered.

Energy controller settings shall be set to maximum.

The measurements are made after stable operating conditions are reached.

If no stable conditions can be reached, an appropriated observation time (e.g. 30 s) should be defined to be sure to get the max. value at fluctuating field sources.

NOTE Because of sharing power between induction heating units, the highest and continuous magnetic field is obtained when each heating units are operated separately.

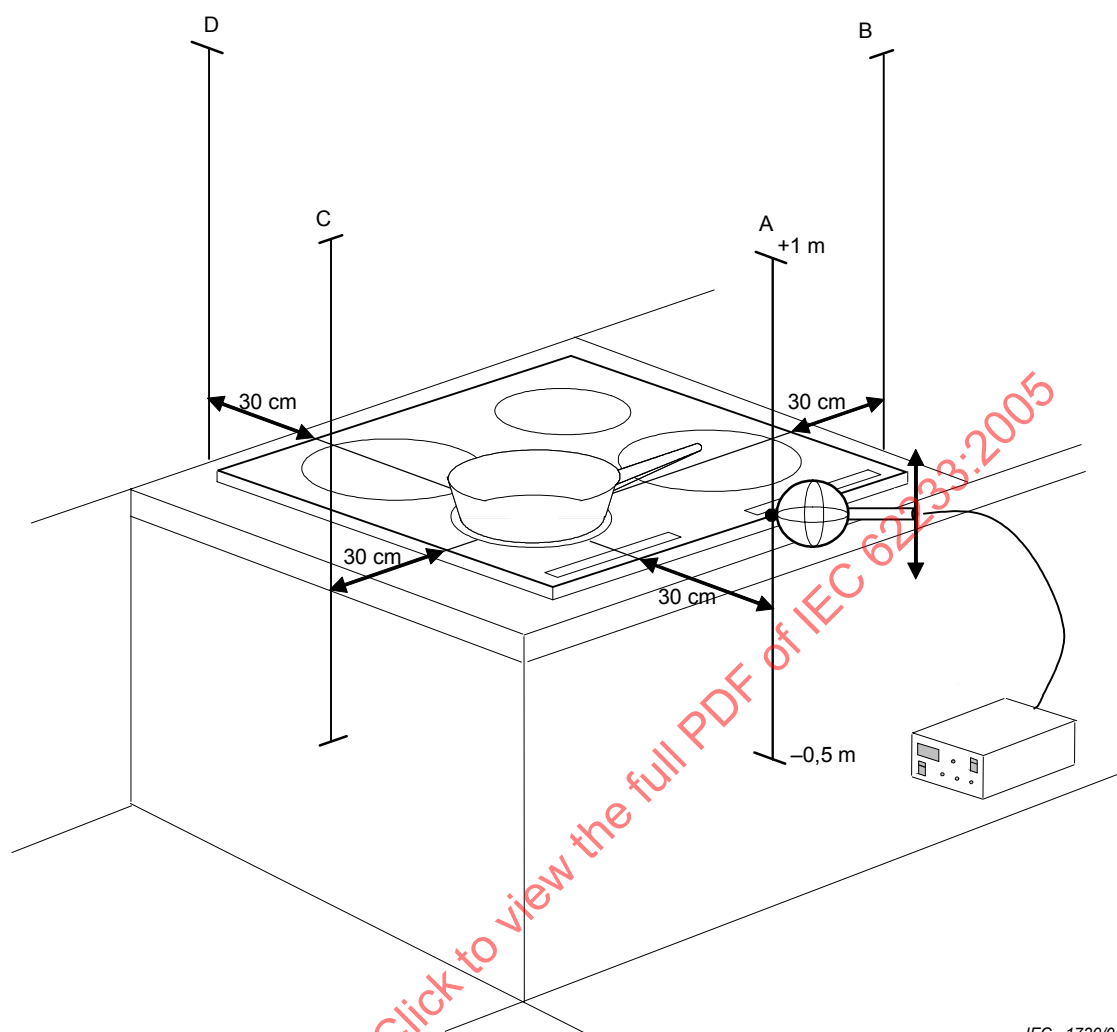


IEC 1720/05

Les lignes A, B, C et D indiquent les positions de mesure.

Cette figure montre l'élément chauffant (devant gauche) en fonctionnement pour une table de cuisson à induction de 4 zones.

Figure A.3 – Distances de mesures pour les tables de cuisson et plaques chauffantes à induction



IEC 1720/05

Lines A, B, C and D indicate the measuring positions.

This figure shows the front left-hand induction heating element of a 4-zone hob in operation.

Figure A.3 – Measuring distances for induction hobs and hotplates

Annexe B (informative)

Limites d'exposition

Les limites ci-dessous sont données uniquement pour information et elles ne constituent pas une liste exhaustive.

Il est de la responsabilité de l'utilisateur de la norme de s'assurer qu'il utilise la version applicable de la série des limites tel que spécifié par l'autorité nationale.

B.1 Guide de l'ICNIRP [11]

Tableau B.1 – Restrictions de base pour l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques alternatifs pour des fréquences jusqu'à 10 GHz – Extraits

Domaine de fréquence	Densité de courant pour tête et tronc mA/m^2 (eff)	Corps entier DAS moyen W/kg	DAS local (tête et tronc) W/kg	DAS local (membres) W/kg
Jusqu'à 1 Hz	8			
1 Hz - 4 Hz	$8/f$			
4 Hz - 1 000 Hz	2			
1 kHz - 100 kHz	$f/500$			
100 kHz - 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4
10 MHz - 10 GHz		0,08	2	4

NOTE f est la fréquence exprimée en hertz.

Tableau B.2 – Niveaux de référence pour l'exposition du public à des champs électriques et magnétiques variables (valeurs efficaces non perturbées) – Extraits

Domaine de fréquence	Intensité de champ E V/m	Intensité de champ H A/m	Champ B μT	Densité de puissance de l'onde plane équivalente S_{eq} W/m^2
Jusqu'à 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1 Hz - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8 Hz - 25 Hz	10 000	$4 000/f$	$5 000/f$	-
0,025 kHz - 0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8 kHz - 3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3 kHz - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 MHz - 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1 MHz - 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10 MHz - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 MHz - 2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

NOTE f est la fréquence dans l'unité exprimée dans la colonne «Domaine de fréquence».

Annex B (informative)

Exposure limits

The limits given below are only for information and they do not make up an exhaustive list.

It is the responsibility of users of this standard to ensure that they use the current version of the limit sets as specified by national authorities.

B.1 ICNIRP Guidelines [11]

Table B.1 – Basic restrictions for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz – Excerpts

Frequency range	Current density for head and trunk mA/m^2 (r.m.s)	Whole body average SAR W/kg	Localised SAR (head and trunk) W/kg	Localised SAR (limbs) W/kg
Up to 1 Hz	8			
1 Hz - 4 Hz	$8/f$			
4 Hz - 1 000 Hz	2			
1 kHz - 100 kHz	$f/500$			
100 kHz - 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4
10 MHz - 10 GHz		0,08	2	4

NOTE f is the frequency in hertz.

Table B.2 – Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values) – Excerpts

Frequency range	E-field strength V/m	H-field strength A/m	B-field μT	Equivalent plane wave power density S_{eq} W/m^2
Up to 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1 Hz - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8 Hz - 25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	-
0,025 kHz - 0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8 kHz - 3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3 kHz - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 MHz - 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1 MHz -10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10 MHz - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 MHz - 2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

NOTE f as indicated in the frequency range column.

B.2 Norme IEEE [12]

Tableau B.3 – Limitations de base pour l'exposition du public aux champs électriques et magnétiques alternatifs pour des fréquences jusqu'à 3 GHz, pour différentes parties du corps – Extraits

tissu exposé	f_e Hz	E_o V/m-eff
Cerveau	20	$5,89 \times 10^{-3}$
Coeur	167	0,943
Mains, Poignés, pieds et chevilles	3 350	2,10
Autres tissus	3 350	0,701
Interprétation du tableau comme suit: $E_i = E_o \text{ pour } f \leq f_e; E_i = E_o (f / f_e) \text{ pour } f \geq f_e.$ En plus des restrictions listées, l'exposition de la tête et du torse aux champs magnétiques au-dessous de 10 Hz doit être limitée à une valeur crête de 167 mT pour le public, et à 500 mT dans un environnement contrôlé.		

Tableau B.4 – Limites pour l'exposition du public aux champs magnétiques: exposition de la tête et du torse – Extraits

Domaine de fréquence Hz	B mT-eff	H A/m-eff
< 0,153	118	$9,39 \times 10^4$
0,153 - 20	$18,1/f$	$1,44 \times 10^4/f$
20 - 759	0,904	719
759 - 3 000	$687/f$	$5,47 \times 10^5/f$
3 000 - 100 kHz		164
Les limites pour les fréquences supérieures à 3 kHz sont incluses pour démontrer la cohérence avec les normes IEEE au-dessus de 3 kHz (IEEE, 1991)		

B.2 IEEE standard [12]

Table B.3 – Basic limitations for general public exposure applying to various regions of the body up to 3 kHz – Excerpts

Exposed tissue	f_e Hz	E_o V/m-r.m.s
Brain	20	$5,89 \times 10^{-3}$
Heart	167	0,943
Hands, wrists, feet & ankles	3 350	2,10
Other tissue	3 350	0,701
Interpretation of Table as follows: $E_i = E_o \text{ for } f \leq f_e; E_i = E_o (f / f_e) \text{ for } f \geq f_e$ In addition to the listed restrictions, exposure of the head and torso to magnetic fields below 10 Hz shall be restricted to a peak value of 167 mT for the general public, and 500 mT in the controlled environment.		

Table B.4 – Magnetic field limits for general public exposure: exposure of head and torso – Excerpts

Frequency range Hz	B mT-r.m.s	H A/m-r.m.s
< 0,153	118	$9,39 \times 10^4$
0,153 - 20	$18,1/f$	$1,44 \times 10^4/f$
20 - 759	0,904	719
759 - 3 000	$687/f$	$5,47 \times 10^5/f$
3 000 - 100 kHz		164
Limits for frequencies above 3 kHz are included to demonstrate consistency with IEEE standards above 3 kHz (IEEE, 1991).		

Annexe C (normative)

Détermination des facteurs de couplage

C.1 Détermination des facteurs de couplage par calcul

Les niveaux de référence B_{RL} donnés en Annexe B sont définis pour des champs homogènes. Les fortes inhomogénéités des champs magnétiques autour des appareils sont prises en considération dans la présente norme par les facteurs $a_c(r_1)$. Ceux-ci tiennent compte de la dimension de la partie du corps qui est située dans le champ considéré.

La procédure est applicable uniquement pour les sources concentrées. La distribution de champ du point chaud avec B_{max} vers 0,1 B_{max} doit être continue.

La valeur corrigée des mesures $B_{mc}(r_1)$, qui est comparée avec le niveau de référence B_{RL} , est obtenue à partir de la valeur mesurée B_m par:

$$B_{mc}(r_1) = a_c(r_1) B_m \text{ and } W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (C.1)$$

La détermination du facteur $a_c(r_1)$ est réalisée en quatre étapes, sur la base de la fréquence de fonctionnement fondamentale:

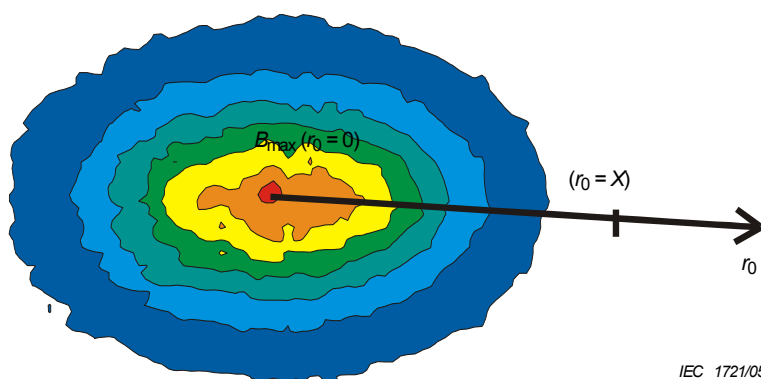
- **Etape 1 Evaluation de l'étendue du point chaud**

La densité de flux magnétique $B(r_0)$ est mesurée tangentielle à la surface le long de la ligne du plus faible gradient commençant au point chaud $r_0 = 0$. La mesure est arrêtée à $r_0 = X$ où la densité le flux décroît à 10 % de la valeur maximale du point chaud, comme le montrent les Figures C.1 et C.2. La distance entre les points de mesure est dans la gamme de 0,5 cm à 1 cm.

NOTE 1 L'évaluation du facteur de couplage peut être faite sur une bande étroite, par exemple à la fréquence de fonctionnement.

NOTE 2 Il est recommandé d'utiliser une petite sonde, par exemple la sonde avec une surface de mesure de 3 cm² définie en 5.4.

$$\frac{B(r_0 = X)}{B(r_0 = 0)} = 0,1 \quad (C2)$$



IEC 1721/05

Figure C.1 – Point chaud

Annex C (normative)

Determination of coupling factors

C.1 The determination of the coupling factors by calculation

The reference levels B_{RL} given in Annex B are defined for homogeneous fields. The strong inhomogeneity of the magnetic fields around appliances within this standard are considered by factors $a_c(r_1)$. They take the dimension of the part of body which is in the field into account as well.

The procedure is applicable to concentrated sources only. The field distribution from the hot spot with B_{max} to 0,1 B_{max} shall be continuous.

The corrected measuring value $B_{mc}(r_1)$, which is compared with the reference level B_{RL} , is obtained from the measured value B_m by

$$B_{mc}(r_1) = a_c(r_1) B_m \text{ and } W_{nc} = a_c(r_1) W_n \quad (C.1)$$

The determination of the factor $a_c(r_1)$ is achieved in four steps, based on the fundamental of the operating frequency:

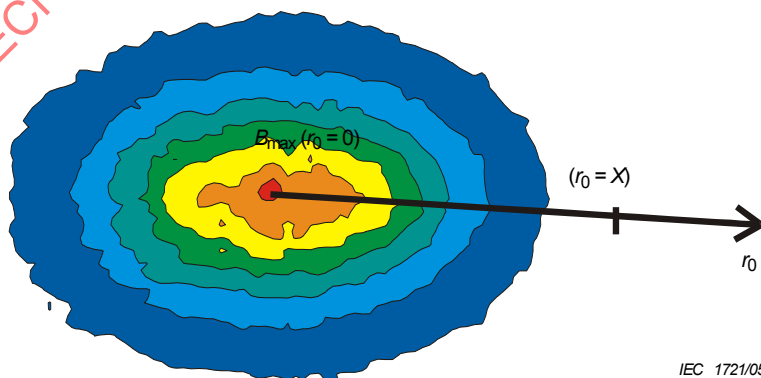
- **Step 1 Evaluation of the extent of the hot spot**

The magnetic flux density $B(r_0)$ is measured tangentially to the surface along the line of the lowest gradient starting at the hot spot $r_0 = 0$. The measurement stops at $r_0 = X$ where the flux density decreases to 10 % of the maximum value of the hot spot, as shown in Figures C.1 and C.2. The distance between measuring points is in the range of 0,5 cm to 1 cm.

NOTE 1 The assessment of a coupling factor can be done narrow banded, i.e. in the operating frequency.

NOTE 2 It is recommended to use a small sensor, e.g. the sensor with 3 cm² measuring area defined in 5.4.

$$\frac{B(r_0 = X)}{B(r_0 = 0)} = 0,1 \quad (C.2)$$



IEC 1721/05

Figure C.1 – Hot spot

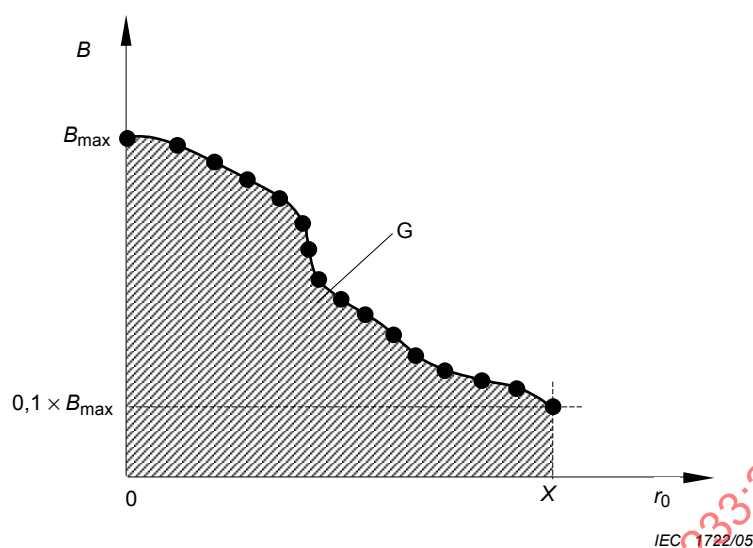


Figure C.2 – Gradient de la densité de flux et l'intégrale G

• Etape 2 Détermination de la bobine équivalente

Les résultats de mesure de l'étape 1 sont utilisés pour déterminer le rayon d'une bobine équivalente qui donne une intégrale G similaire. Pour les calculs qui suivent, l'hypothèse est faite que cette bobine est placée à la distance l_{coil} du point chaud correspondant à la position de la source du champ magnétique à l'intérieur de l'appareil (voir Figure C.3).

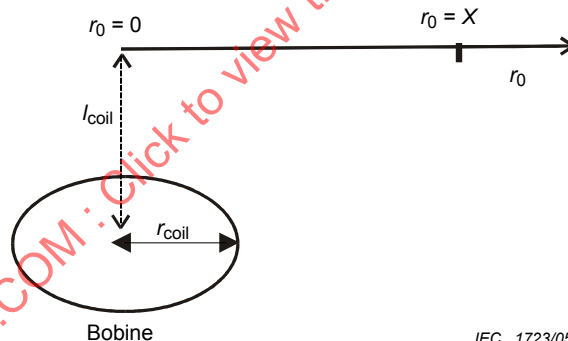


Figure C.3 – Position de la bobine équivalente

Une intégration de la densité de flux mesurée et normalisée donne la valeur simple G qui peut être utilisée pour déterminer le rayon r_{coil} de la bobine équivalente (Tableau C.1). Une interpolation linéaire est utilisée pour obtenir d'autres valeurs de r_{coil} qui ne doivent pas dépasser l_{coil}

NOTE 1 Pour les petits appareils, la source du champ magnétique est supposée être au centre de l'appareil. Pour les appareils plus grands, la position de chaque source de champ magnétique est déterminée par un examen de l'appareil.

NOTE 2 La procédure est uniquement applicable aux sources concentrées. La distribution de champ entre le point chaud à B_{max} et le point à $0,1 B_{\text{max}}$ doit être continue.

La valeur G est calculée avec la formule suivante:

$$G(r_{\text{coil}}, l_{\text{coil}}) = \int_{r_0=0}^{r_0=X} \frac{B(r_0)}{B(r_0=0)} dr_0 \quad (\text{C.3})$$

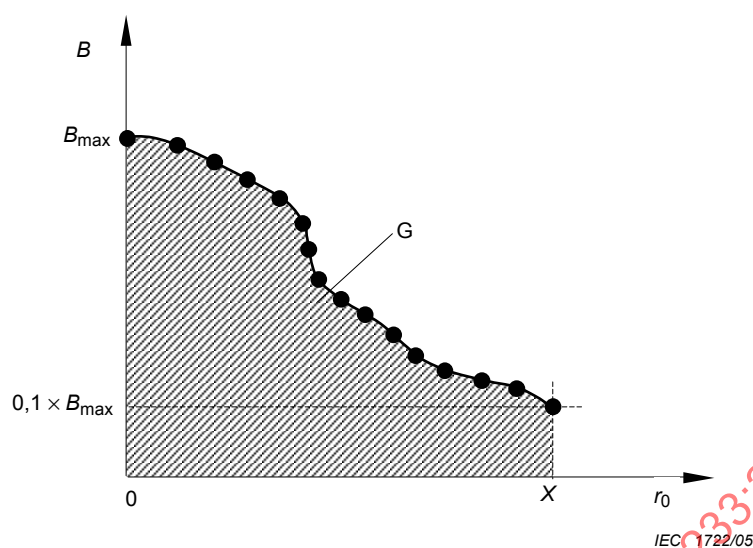


Figure C.2 – Gradient of flux density and integral G

• **Step 2 Determination of the equivalent coil**

The measurement results from step 1 are used to determine the radius of an equivalent coil which gives a similar integral G. For further calculations it is assumed that this coil is positioned at a distance l_{coil} from the **hot spot**, corresponding to the location of the magnetic field source inside the appliance (see Figure C.3).

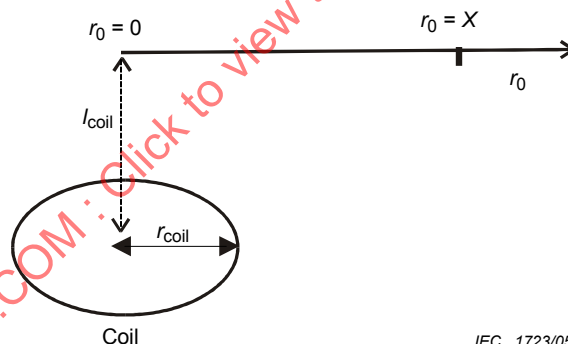


Figure C.3 – Equivalent coil position

An integration of the normalized measured flux density results in a single value G and this can then be used to determine the radius r_{coil} of the equivalent coil (Table C.1). Linear interpolation is used to obtain other values of r_{coil} which shall not exceed l_{coil} .

NOTE 1 For small appliances, the magnetic field source is assumed to be at the centre of the appliance. For larger appliances, the location of each magnetic field source is determined by examination of the appliance.

NOTE 2 The procedure is applicable only for concentrated sources. The field distribution from the hot spot with B_{max} to $0,1 B_{\text{max}}$ shall be continuous.

The value G is calculated from the following formula:

$$G(r_{\text{coil}}, l_{\text{coil}}) = \int_{r_0=0}^{r_0=X} \frac{B(r_0)}{B(r_0=0)} dr_0 \quad (\text{C.3})$$

Tableau C.1 – Valeur G [m] de différentes bobines

Distance l_{coil} (mm)	Rayon r_{coil} (mm)					
	10	20	30	50	70	100
10	0,013 54					
15	0,015 62					
20	0,018 48	0,027 03				
25	0,021 68	0,028 80				
30	0,025 11	0,031 17	0,040 51			
35	0,028 61	0,033 90	0,042 17			
40	0,032 22	0,036 89	0,044 29			
50	0,039 55	0,043 34	0,049 41	0,067 50		
70	0,054 48	0,057 18	0,061 64	0,075 35	0,094 44	
100	0,077 11	0,079 05	0,082 19	0,092 13	0,106 44	0,134 93
200	0,153 17	0,154 15	0,155 73	0,160 85	0,168 45	0,184 20
300	0,229 53	0,230 12	0,231 19	0,234 61	0,239 71	0,250 54

NOTE Pour obtenir la bobine qui couvre la condition de cas pire, le rayon de bobine le plus petit pour une valeur donnée G doit être sélectionné.

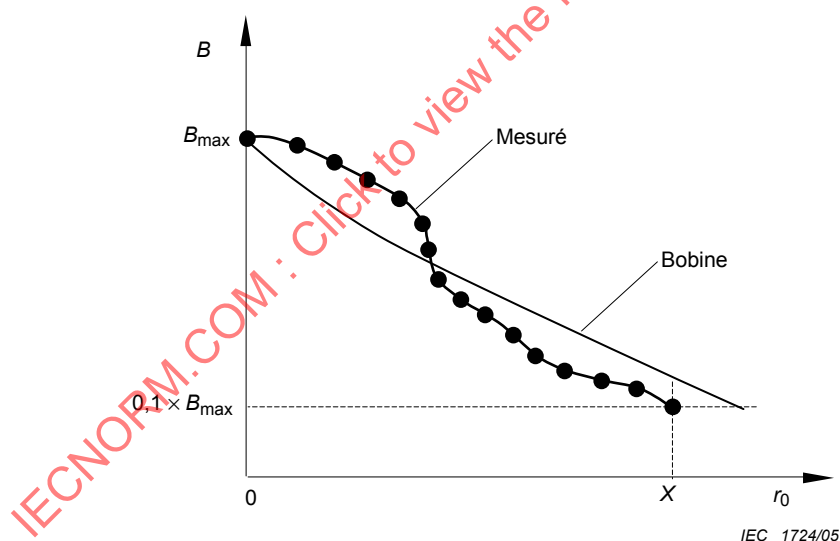


Figure C.4 – Gradients de la densité de flux et bobine

Etape 3 Détermination du facteur k

Le rayon de la bobine r_{coil} est utilisé pour déterminer le facteur $k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)$ entre la source équivalente (bobine) et le corps humain, à la distance r :

$$r = r_1 + l_{\text{coil}} \quad (\text{C.4})$$

où

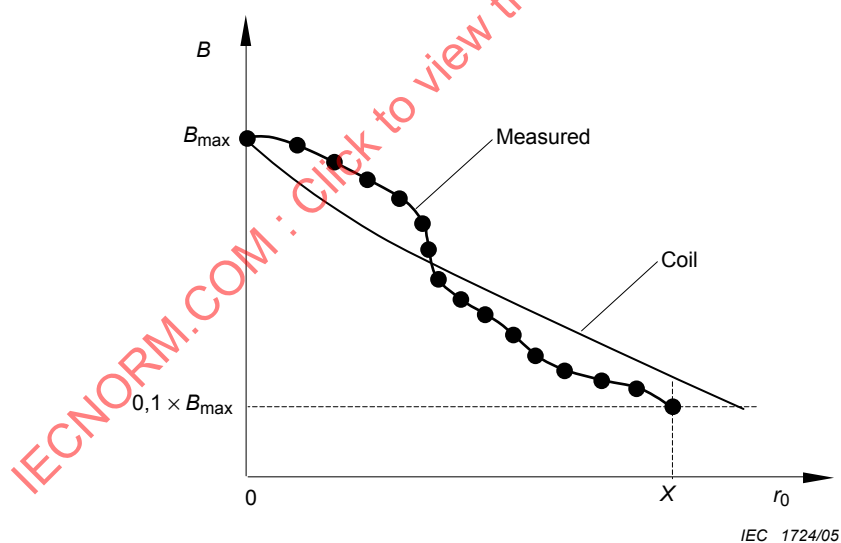
r_1 est la distance mesurée (voir 3.2.6);

l_{coil} est la distance interne entre la bobine équivalente et la surface.

Table C.1 – Value G [m] of different coils

Distance l_{coil} (mm)	Radius r_{coil} (mm)					
	10	20	30	50	70	100
10	0,013 54					
15	0,015 62					
20	0,018 48	0,027 03				
25	0,021 68	0,028 80				
30	0,025 11	0,031 17	0,040 51			
35	0,028 61	0,033 90	0,042 17			
40	0,032 22	0,036 89	0,044 29			
50	0,039 55	0,043 34	0,049 41	0,067 50		
70	0,054 48	0,057 18	0,061 64	0,075 35	0,094 44	
100	0,077 11	0,079 05	0,082 19	0,092 13	0,106 44	0,134 93
200	0,153 17	0,154 15	0,155 73	0,160 85	0,168 45	0,184 20
300	0,229 53	0,230 12	0,231 19	0,234 61	0,239 71	0,250 54

NOTE To get the coil which covers the worst case condition, the smallest coil radius for the given value G should be chosen.

**Figure C.4 – Gradients of flux density and coil****Step 3 Determination of factor k**

The coil radius r_{coil} is used to determine the factor $k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)$ between the equivalent source (coil) and the human body in the distance r .

$$r = r_1 + l_{\text{coil}} \quad (\text{C.4})$$

r_1 : is the measuring distance (see 3.2.6)

l_{coil} : is the inside distance from the equivalent coil to the surface

NOTE L'addition est effectuée dans la même unité.

$$k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = \frac{J_{\text{max}}(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)}{B_{\text{max, sensor}}(r, r_{\text{coil}}, A_{\text{sensor}})} \quad (\text{C.5})$$

où

J_{max} est la densité de courant la plus élevée dans le corps;

A_{Sensor} est la surface de mesure de la sonde.

Le facteur k qui est fonction de la fréquence, dépend de la distance r entre la bobine et le corps humain, aussi bien que de la conductivité électrique σ du modèle homogène du corps humain et de la dimension de la sonde. La dépendance par rapport à la fréquence peut être compensée par une mise à l'échelle du **niveau de référence** au lieu de la **restriction de base** (voir étape 4).

Pour les champs inhomogènes, les valeurs de champ les plus élevées étant situées à la surface du corps humain (voir D.2.2), la valeur de σ est 0,1 S/m. Les calculs suivants sont basés sur cette valeur et en utilisant la sonde de référence décrite en 5.4. Le Tableau C.2 liste les valeurs du facteur k pour le corps humain entier.

Tableau C.2 – Valeurs du facteur $k[\frac{A/m^2}{T}]$ à 50 Hz, pour le corps humain entier

Distance r cm	Rayon r_{coil} mm					
	10	20	30	50	70	100
1	21,354	15,326	8,929	5,060	3,760	3,523
5	4,172	3,937	3,696	3,180	2,858	2,546
10	2,791	2,735	2,696	2,660	2,534	2,411
20	2,456	2,374	2,369	2,404	2,398	2,488
30	2,801	2,735	2,714	2,778	2,687	2,744
40	3,070	2,969	2,933	3,042	2,865	2,916
50	3,271	3,137	3,086	3,251	2,989	3,040
60	3,437	3,271	3,206	3,429	3,079	3,134
70	3,588	3,388	3,311	3,595	3,156	3,216
100	3,940	3,659	3,601	4,022	3,570	3,604
NOTE 1 Les facteurs k sont déterminés en utilisant la bobine comme source et avec le modèle numérique approprié du corps humain, comme cela est décrit en D.2. Le facteur k est applicable uniquement pour les régions proches de la source et ne l'est pas pour des champs homogènes. NOTE 2 Le rayon r_{coil} qui a une dimension plus grande que la distance r ne peut pas être déterminé par la procédure décrite à l'Annexe C						

Les facteurs k pour d'autres fréquences f et d'autres conductivités σ peuvent être calculés à partir de valeurs du Tableau C.2, par

$$k^*(r, r_{\text{coil}}) = \frac{f}{50\text{Hz}} \cdot \frac{\sigma}{0,1 \frac{\text{S}}{\text{m}}} \cdot k \quad (\text{C.6})$$

NOTE Addition must be made in the same unit.

$$k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = \frac{J_{\text{max}}(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)}{B_{\text{max, sensor}}(r, r_{\text{coil}}, A_{\text{sensor}})} \quad (\text{C.5})$$

J_{max} : is the highest current density in the body

A_{sensor} : is the measuring area of the sensor

The factor k , which is frequency dependant, depends on the distance r between coil and the human body as well as the electric conductivity σ of the homogeneous model of the human body and the size of the sensor. The dependence on the frequency can be compensated by rescaling to the **reference level** instead of to the **basic restriction** (see step 4).

For inhomogeneous fields, the value of σ is 0,1 S/m since the highest field values occur on the surface of the human body (see D.2.2). The following calculations are based on this value using the reference sensor described in 5.4. Table C.2 lists the values of factor k for the whole human body.

Table C.2 – Value of factor $k[\frac{A/m^2}{T}]$ at 50 Hz for the whole human body

Distance r cm	Radius r_{coil} mm					
	10	20	30	50	70	100
1	21,354	15,326	8,929	5,060	3,760	3,523
5	4,172	3,937	3,696	3,180	2,858	2,546
10	2,791	2,735	2,696	2,660	2,534	2,411
20	2,456	2,374	2,369	2,404	2,398	2,488
30	2,801	2,735	2,714	2,778	2,687	2,744
40	3,070	2,969	2,933	3,042	2,865	2,916
50	3,271	3,137	3,086	3,251	2,989	3,040
60	3,437	3,271	3,206	3,429	3,079	3,134
70	3,588	3,388	3,311	3,595	3,156	3,216
100	3,940	3,659	3,601	4,022	3,570	3,604
NOTE 1 The factors k are determined by applying the coil as a source with the appropriate numerical model for the human body as described in D.2. It is applicable only for the region close to the source and not for homogenous fields.						
NOTE 2 The radius r_{coil} which is larger dimension than the distance r can not be determined by the procedure in Annex C.						

Factors k for other frequencies f and conductivity's σ can be calculated from the values in Table C.2 by

$$k^*(r, r_{\text{coil}}) = \frac{f}{50\text{Hz}} \cdot \frac{\sigma}{0,1 \frac{\text{S}}{\text{m}}} \cdot k \quad (\text{C.6})$$

• Etape 4: Calcul du facteur de couplage

Le facteur de couplage $a_c(r)$ est le résultat de la mise à l'échelle du facteur k et peut être déterminé comme suit:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f)}{J_{\text{BR}}(f)} = \frac{k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)}{\sigma} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f)}{E_{\text{BR}}(f)} \quad (\text{C.7})$$

NOTE 1 Le terme E_{BR} s'applique aux restrictions de base utilisées dans la norme IEEE.

NOTE 2 Le terme $B_{\text{RL}}(f)/J_{\text{BR}}(f)$ est proportionnel à $1/f$ entre 8 Hz et 800 Hz et de 1 kHz à 100 kHz. En conséquence, le facteur $a_c(r)$ est indépendant de la fréquence dans ces gammes de fréquence (voir Figure C.5).

En cas de mesure selon 5.5.2 et 5.5.3, une équivalence à f_{C0} est utilisée. Le facteur de couplage $a_c(r)$ est alors:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f_{\text{C0}})}{J_{\text{BR}}(f_{\text{C0}})} = \frac{k(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma)}{\sigma} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f_{\text{C0}})}{E_{\text{BR}}(f_{\text{C0}})} \quad (\text{C.8})$$

NOTE Le facteur de couplage $a_c(r_1)$ peut être déterminé à partir de la Figure C.5 en utilisant l'équation C.4.

Exemple pour la re-mise à l'échelle en appliquant l'ICNIRP à $f = 50$ Hz et $\sigma = 0,1$ S/m pour le corps humain entier et une bobine de $r_{\text{Coil}} = 10$ mm à une distance $r = 50$ cm.

$$\begin{aligned} a_c(r = 50\text{cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{mm}, f = 50\text{ Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) &= \\ k(r = 50\text{ cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 50\text{ Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f = 50\text{Hz})}{J_{\text{BR}}(f = 50\text{Hz})} &= \\ 3,271 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}} \cdot \frac{100\text{ }\mu\text{T}}{2\text{ mA/m}^2} &= 0,1635 \end{aligned}$$

Exemple pour le calcul d'un facteur de couplage a_c avec application de la norme IEEE à $f = 60$ Hz et $\sigma = 0,1$ S/m pour le torse (autre tissu) et une bobine de $r_{\text{Coil}} = 10$ mm à une distance $r = 50$ cm.

$$a_c(r = 50\text{cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 60\text{ Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) =$$

$$\begin{aligned} \frac{k(r = 50\text{ cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 50\text{Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m})}{\sigma = 0,1\text{S/m}} \cdot \frac{f}{50\text{ Hz}} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f = 60\text{Hz})}{E_{\text{BR}}(f = 60\text{Hz})} &= \\ \frac{3,271 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}}}{0,1\text{S/m}} \cdot \frac{60\text{ Hz}}{50\text{ Hz}} \cdot \frac{0,90\text{ 4mT}}{0,701\text{ V/m}} &= 0,0506 \end{aligned}$$

C.2 Evaluation graphique des facteurs de couplage

Le facteur de couplage peut être déterminé de la Figure C.5. Cette méthode fournit une valeur du facteur de couplage dépendant du rayon de la bobine équivalente (r_{coil}).

• Step 4 Calculation of the coupling factor

The coupling factor $a_c(r)$ is the result of the re-scaled factor k and can be determined as follows:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f)}{J_{\text{BR}}(f)} = \frac{k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)}{\sigma} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f)}{E_{\text{BR}}(f)} \quad (\text{C.7})$$

NOTE 1 The term E_{BR} applies to the corresponding basic restrictions used in IEEE Standard.

NOTE 2 The term $B_{\text{RL}}(f)/J_{\text{BR}}(f)$ is proportional to $1/f$ from 8 Hz up to 800 Hz and from 1 kHz to 100 kHz. In consequence the factor $a_c(r)$ is frequency independent within these ranges. (see Figure C.5)

In case of measuring according to 5.5.2 and 5.5.3 a f_{C0} equivalent is used. Therefore the coupling factor $a_c(r)$ evaluates to:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f_{\text{C0}})}{J_{\text{BR}}(f_{\text{C0}})} = \frac{k(r, r_{\text{coil}}, f_{\text{C0}}, \sigma)}{\sigma} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f_{\text{C0}})}{E_{\text{BR}}(f_{\text{C0}})} \quad (\text{C.8})$$

NOTE The coupling factor $a_c(r_1)$ can be determined from Figure C.5 using Equation C4.

Example for the re-scaling applying ICNIRP at $f = 50$ Hz and $\sigma = 0,1$ S/m for the whole body and a coil of $r_{\text{Coil}} = 10$ mm in a distance $r = 50$ cm.

$$\begin{aligned} a_c(r = 50\text{cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{mm}, f = 50\text{Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) &= \\ k(r = 50\text{ cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 50\text{ Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f = 50\text{Hz})}{J_{\text{BR}}(f = 50\text{Hz})} &= \\ 3,271 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}} \frac{100\text{ }\mu\text{T}}{2\text{ mA/m}^2} &= 0,1635 \end{aligned}$$

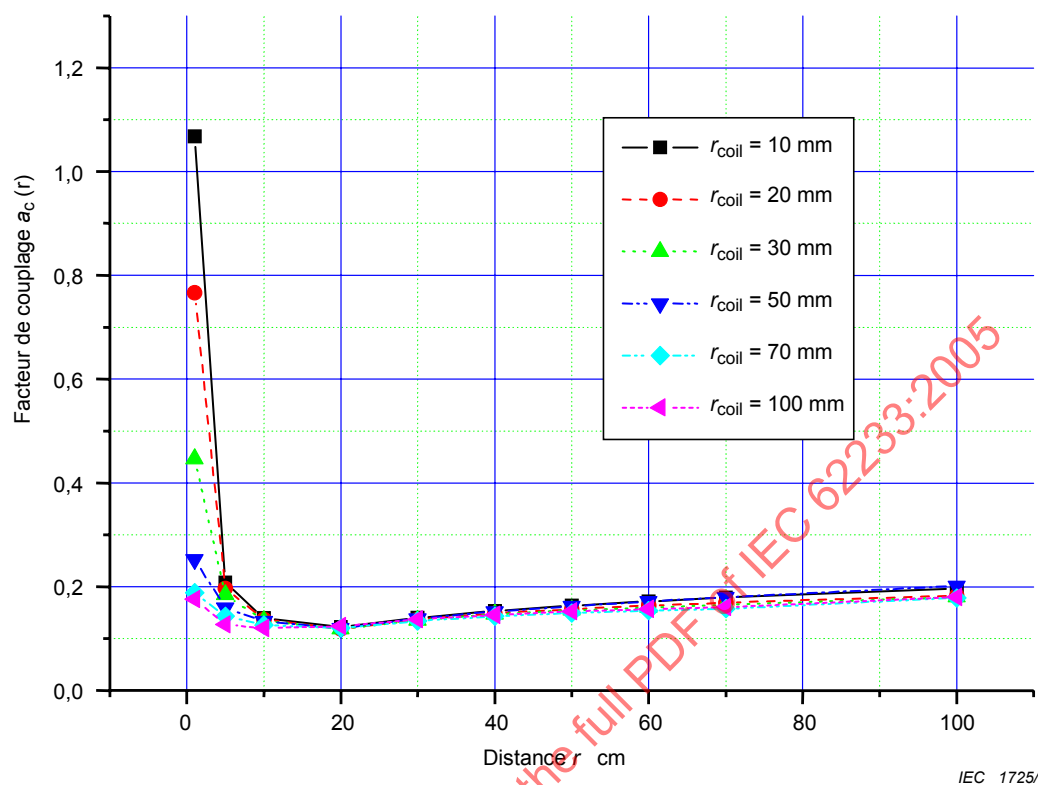
Example for the calculation of a coupling factor a_c with limits applying IEEE Standard at $f = 60$ Hz and $\sigma = 0,1$ S/m for the torso (other tissue) and a coil of $r_{\text{Coil}} = 10$ mm in a distance $r = 50$ cm.

$$a_c(r = 50\text{cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 60\text{ Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m}) =$$

$$\begin{aligned} \frac{k(r = 50\text{ cm}, r_{\text{coil}} = 10\text{ mm}, f = 50\text{Hz}, \sigma = 0,1\text{S/m})}{\sigma = 0,1\text{S/m}} \cdot \frac{f}{50\text{ Hz}} \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f = 60\text{Hz})}{E_{\text{BR}}(f = 60\text{Hz})} &= \\ \frac{3,271 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}}}{0,1\text{S/m}} \cdot \frac{60\text{ Hz}}{50\text{ Hz}} \cdot \frac{0,90\text{ 4mT}}{0,701\text{ V/m}} &= 0,0506 \end{aligned}$$

C.2 Graphical evaluation of coupling factors

The coupling factor can be determined from Figure C.5. This method provides a value for the coupling factor depending on the radius of the equivalent coil (r_{coil}).



IEC 1725/05

Figure C.5 – Facteur de couplage $a_c(r)$ avec 0,1 S/m, $A_{\text{sonde}} = 100 \text{ cm}^2$, pour le corps humain entier (mise à l'échelle en utilisant les limites de l'ICNIRP)

Distance $r = r_1 + l_{\text{coil}}$, où r_1 est la distance de mesure spécifiée au Tableau A.1.

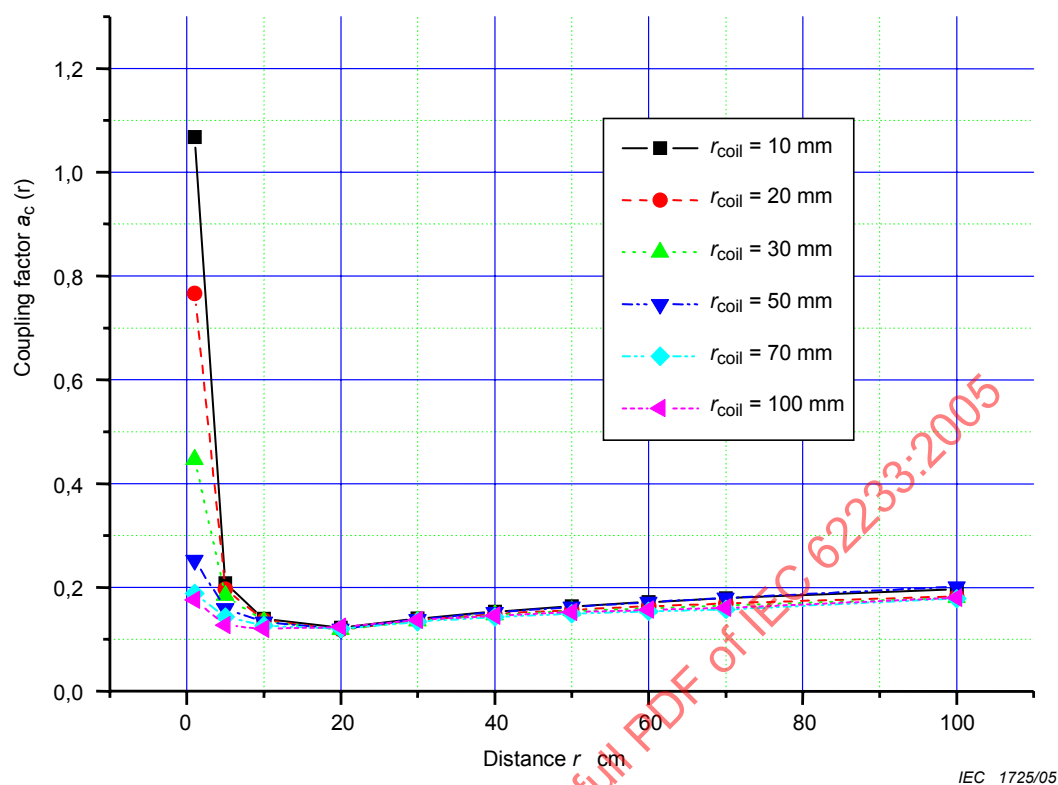


Figure C.5 – Coupling factor $a_c(r)$ with 0,1 S/m, $A_{\text{sensor}}=100$ cm², for the whole human body (re-scaled using ICNIRP limits)

Distance $r = r_1 + l_{\text{coil}}$, where r_1 is the measuring distance specified in Table A.1.

Annexe D (informative)

Exemples utilisant les limites de l'Annexe B

D.1 Fonction de transfert

Le niveau de référence $B_{RL}(f)$ de l'ICNIRP pour l'exposition du public peut être utilisé pour calculer la fonction de transfert comme ci-dessous (exemple pour un point de normalisation à 50 Hz).

Tableau D.1 – Fonction de transfert pour l'exposition du public selon ICNIRP

$(f_1 = 10 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_{C1} = 800 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50 \mu\text{T}}{5000/f \mu\text{T}} = \frac{f}{50 \text{ Hz}}$
$(f_{C1} = 800 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_2 = 150 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50 \mu\text{T}}{6,25 \mu\text{T}} = 16$
$(f_2 = 150 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_{n=3} = 400 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50 \mu\text{T}}{920\,000/f \mu\text{T}} = \frac{f}{9,2 \text{ kHz}}$

Les niveaux maximaux d'exposition aux champs magnétique permis par l'IEEE (voir 3.2.8) pour le public (exposition de la tête et du torse) peuvent être utilisés pour calculer la fonction de transfert (exemple pour un point de normalisation à 60 Hz), comme suit:

Tableau D.2 – Fonction de transfert pour l'exposition du public selon IEEE

$(f_1 = 10 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_{C1} = 20 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{18,1/f \text{ mT}} = \frac{f}{20 \text{ Hz}}$
$(f_{C1} = 20 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_2 = 759 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{0,904 \text{ mT}} = 1$
$(f_2 = 759 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_3 = 3,35 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{687/f \text{ mT}} = \frac{f}{759 \text{ Hz}}$
$(f_3 = 3,35 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_4 = 100 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{0,205 \text{ mT}} = 4,41$
$(f_4 = 100 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_{n=5} = 400 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{205/f \text{ T}} = \frac{f}{22,68 \text{ kHz}}$
NOTE Toutes les fréquences f utilisées sont exprimées en Hz.	

Annex D (informative)

Examples using the limits of Annex B

D.1 Transfer function

The ICNIRP reference level $B_{RL}(f)$ for the general public exposure can be used to calculate the transfer function as follows:(example for a 50 Hz normalization point)

Table D.1 – Transfer function with ICNIRP general public exposure

$(f_1 = 10 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_{C1} = 800 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000 / 50 \mu\text{T}}{5000 / f \mu\text{T}} = \frac{f}{50 \text{ Hz}}$
$(f_{C1} = 800 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_2 = 150 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000 / 50 \mu\text{T}}{6,25 \mu\text{T}} = 16$
$(f_2 = 150 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_{n=3} = 400 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 50 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000 / 50 \mu\text{T}}{920\,000 / f \mu\text{T}} = \frac{f}{9,2 \text{ kHz}}$

The IEEE magnetic maximum permissible exposure levels (see 3.2.8) for general public (exposure of head and torso) $B_{RL}(f)$ can be used to calculate the transfer function as follows:(example for a 60 Hz normalization point).

Table D.2 – Transfer function with IEEE general public exposure

$(f_1 = 10 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_{C1} = 20 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{18,1 / f \text{ mT}} = \frac{f}{20 \text{ Hz}}$
$(f_{C1} = 20 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_2 = 759 \text{ Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{0,904 \text{ mT}} = 1$
$(f_2 = 759 \text{ Hz}) \leq f \leq (f_3 = 3,35 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{687 / f \text{ mT}} = \frac{f}{759 \text{ Hz}}$
$(f_3 = 3,35 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_4 = 100 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{0,205 \text{ mT}} = 4,41$
$(f_4 = 100 \text{ kHz}) \leq f \leq (f_{n=5} = 400 \text{ kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0} = 60 \text{ Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0,904 \text{ mT}}{205 / f \text{ T}} = \frac{f}{22,68 \text{ kHz}}$
NOTE All frequencies f used above in Hz.	