NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61786

Première édition
First edition
1998-08

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

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

© IEC 1998 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 Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XC

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6

Articles

1 Domaine d'application 8
2 Références normatives 8
3 Définitions 10
4 Symboles 20
5 Mesure des champs magnétiques alternatifs 22
5.1 Spécifications relatives aux instruments 22
5.2 Etalonnage 30
5.3 Incertitude de mesure 38
5.4 Enregistrement et consignation des résultats de mesure 40
5.5 Méthode de mesure 42
6 Mesure des champs électriques alternatifs 44
6.1 Spécifications relatives aux instruments 44
6.2 Etalonnage 48
6.3 Incertitude de mesure 54
6.4 Enregistrement et consignation des résultats de mesure 54
6.5 Méthode de mesure 56

Annexes

A (normative) Méthodes d'étalonnage 60
B (normative) Sources d'incertitude de mesure 82
C (informative) Caractéristiques générales des champs électriques et magnétiques 104
D (informative) Capteurs d'induction magnétique (capteurs de champ magnétique) – Recommandations pour les mesures 112
E (informative) Capteurs de champ électrique – Recommandations pour les mesures .. 142
F (informative) Instruments de mesure de champs magnétiques statiques 164
G (informative) Unités 166
H (informative) Bibliographie 168

CONTENTS

Page

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7

Clause

1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Definitions 11
4 Symbols 21
5 Measurement of alternating magnetic fields 23
5.1 Instrumentation specifications 23
5.2 Calibration 31
5.3 Measurement uncertainty 39
5.4 Recording and reporting measurement results 41
5.5 Measurement procedure 43
6 Measurement of alternating electric fields 45
6.1 Instrumentation specifications 45
6.2 Calibration 49
6.3 Measurement uncertainty 55
6.4 Recording and reporting measurement results 55
6.5 Measurement procedure 57

Annexes

A (normative) Calibration methods 61
B (normative) Sources of measurement uncertainty 83
C (informative) General characteristics of quasi-static magnetic and electric fields 105
D (informative) Magnetic flux density meters (magnetic field meters) – Guidance for measurements 113
E (informative) Electric field strength meters (electric field meters) – Guidance for measurements 143
F (informative) Static magnetic field-measuring instrumentation 165
G (informative) Units 167
H (informative) Bibliography 169

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61786 a été établie par le comité d'études 85 de la CEI: Appareillage de mesure des grandeurs électromagnétiques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
85/191/FDIS	85/193/RVD

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

Les annexes A et B font partie intégrante de cette norme.

Les annexes C, D, E, F, G et H sont données uniquement à titre d'information.

Les termes en caractères **gras** sont définis à l'article 3.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

MEASUREMENT OF LOW-FREQUENCY MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS WITH REGARD TO EXPOSURE OF HUMAN BEINGS – SPECIAL REQUIREMENTS FOR INSTRUMENTS AND GUIDANCE FOR MEASUREMENTS

FOREWORD

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

International Standard IEC 61786 has been prepared by IEC technical committee 85: Measuring equipment for electromagnetic quantities.

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

FDIS	Report on voting
85/191/FDIS	85/193/RVD

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

Annexes A and B form an integral part of this standard.

Annexes C, D, E, F, G and H are for information only.

Words in **bold** in the text are defined in clause 3.

INTRODUCTION

L'intérêt croissant pour caractériser l'exposition des être humains aux champs magnétiques et électriques quasi statiques dans bon nombre d'environnements a conduit au développement et à la commercialisation d'un grand nombre d'instruments de mesure de champs avec une grande variété de spécifications. Parmi les sources de **champs quasi statiques** figurent des dispositifs qui fonctionnent à la fréquence industrielle (50/60 Hz) et qui produisent des champs à la fréquence industrielle et à ses harmoniques, ainsi que des dispositifs qui produisent des champs indépendants de la fréquence industrielle. Parmi les exemples de dispositifs appartenant à cette dernière catégorie, il est possible de citer les écrans d'affichage vidéo (champ magnétique de balayage vertical), les chemins de fer électriques ($16^{2}/_{3}$ Hz et 25 Hz), les systèmes de transport en commun (0 Hz à 3 kHz selon les caractéristiques des systèmes d'entraînement à vitesse variable), les avions commerciaux (400 Hz), les appareils de chauffage à induction (50 Hz à 9 kHz), et les automobiles électriques. En raison des différences existant entre les caractéristiques des champs générés par les sources dans les divers environnements, par exemple les composantes fréquentielles, les variations temporelles et spatiales, la polarisation et l'amplitude, les prescriptions applicables aux instruments et les procédures de mesure seront différentes dans les divers environnements. Il existe, dans le commerce, des instruments pour mesurer l'exposition des êtres humains à l'amplitude des champs ainsi qu'à d'autres paramètres qui caractérisent les champs. Le présent document traite essentiellement des instruments et des méthodes de mesure dans le rapport qu'ils peuvent avoir à l'exposition humaine. Il convient cependant de préciser que les paramètres décrivant les **champs quasi statiques** et leurs mécanismes d'interaction avec les êtres humains lors d'expositions aux champs magnétiques et électriques restent encore inconnus.

Parmi les utilisateurs visés par la présente Norme internationale figurent les fabricants d'instruments ainsi que des groupes ou des individus intéressés par la caractérisation de l'exposition des êtres humains aux champs magnétiques et électriques quasi statiques. On suppose que les utilisateurs qui envisagent d'effectuer des mesures ont une certaine connaissance des instruments ainsi que des sources de champs et de leurs caractéristiques. Si tel n'est pas le cas, il est vivement conseillé de suivre une formation. La présente norme peut servir de support de formation en raison des informations techniques contenues dans les annexes.

INTRODUCTION

The increasing interest in characterizing human exposure to quasi-static magnetic and electric fields in a number of environments has led to the development and marketing of many field meters with a range of specifications. Sources of **quasi-static fields** include devices that operate at power frequencies (50/60 Hz) and produce power frequency and power frequency harmonic fields, as well as devices which produce fields that are independent of the power frequency. Examples in the latter category include video display terminals (vertical scan magnetic field), electric railroads ($16^{2}/_{3}$ Hz and 25 Hz), mass transportation systems (0 Hz to 3 kHz depending on characteristics of adjustable speed drive), commercial airplanes (400 Hz), induction heaters (50 Hz to 9 kHz), and electric automobiles. Because of differences in the characteristics of the fields from sources in the various environments, e.g. frequency content, temporal and spatial variations, polarization, and magnitude, the instrumentation requirements and measurement procedures will be different in the various environments. Commercially available instrumentation exists to measure human exposure to the field levels as well as to other parameters that characterize the fields. The instrumentation and measurement methods, as they may pertain to human exposure, are the focus of this document. It should be noted that the parameters that describe **quasi-static fields** and the mechanisms for their interaction with humans during magnetic and electric field exposure are still unknown.

The intended users of this International Standard include manufacturers of instrumentation and groups or individuals interested in characterizing quasi-static magnetic and electric fields as they relate to human exposure. It is assumed that users intending to perform measurements have some knowledge of the instrumentation as well as field sources and their characteristics. In the absence of such knowledge, it is strongly advised that some training be received. This standard may serve as a textbook for the training process because of the technical information provided in the annexes.

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des recommandations pour la mesure des valeurs efficaces en régime entretenu des champs magnétiques et électriques quasi statiques avec des composantes fréquentielles comprises entre 15 Hz et 9 kHz. Parmi les sources possibles de **champs quasi statiques** figurent des dispositifs qui fonctionnent aux fréquences industrielles et qui produisent des champs à ces fréquences industrielles et aux fréquences harmoniques des fréquences industrielles, ainsi que des dispositifs qui produisent des champs indépendants de la fréquence industrielle. Les plages d'amplitudes couvertes par la présente norme vont respectivement de 100 nT à 100 mT et de 1 V/m à 50 kV/m pour les champs magnétiques et les champs électriques. Lorsque des mesures sont effectuées en dehors de cette plage, la plupart des dispositions de la présente norme restent applicables, mais il est possible que certaines dispositions, telles que l'incertitude et la procédure d'étalonnage spécifiées, nécessitent une modification. De façon spécifique, la présente norme

– définit la terminologie;
– identifie les spécifications requises pour les capteurs de champ;
– indique les méthodes d'étalonnage;
– définit les prescriptions applicables à l'incertitude des instruments;
– décrit les caractéristiques générales des champs;
– étudie les principes de fonctionnement des instruments de mesure;
– décrit les méthodes de mesure permettant d'atteindre les objectifs définis quant à l'exposition des êtres humains.

Les sources d'incertitude, pendant l'étalonnage et les mesures, sont également identifiées et des recommandations sont données sur la manière dont il convient de les combiner pour déterminer l'**incertitude de mesure** totale. En ce qui concerne les mesures de champs électriques, la présente norme considère uniquement la mesure du champ électrique non perturbé en un point de l'espace (c'est-à-dire le champ électrique avant l'intervention du capteur du champ et de l'opérateur) ou sur des surfaces conductrices.

NOTE – En raison des exigences liées aux formats, il n'a pas été possible d'éviter une certaine séparation entre les prescriptions normatives applicables aux mesures dans les articles 5 et 6 d'une part, et les protocoles de mesure cités en exemple et les recommandations pour les mesures dans les annexes D et E d'autre part.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

CEI 61000-3-2: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 2: Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤16 A par phase)*

MEASUREMENT OF LOW-FREQUENCY MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS WITH REGARD TO EXPOSURE OF HUMAN BEINGS – SPECIAL REQUIREMENTS FOR INSTRUMENTS AND GUIDANCE FOR MEASUREMENTS

1 Scope

This International Standard provides guidance for measuring the steady-state root-mean-square (r.m.s.) values of quasi-static magnetic and electric fields which have a frequency content in the range 15 Hz to 9 kHz. Sources of **quasi-static fields** include devices that operate at power frequencies and produce power frequency and power frequency harmonic fields, as well as devices that produce fields independent of the power frequency. The magnitude ranges covered by this standard are 100 nT to 100 mT and 1 V/m to 50 kV/m for magnetic fields and electric fields, respectively. When measurements outside this range are performed, most of the provisions of this standard will still apply, but certain provisions such as specified uncertainty and calibration procedure may need modification. Specifically, this standard

– defines terminology;
– identifies requisite field meter specifications;
– indicates methods of calibration;
– defines requirements on instrumentation uncertainty;
– describes general characteristics of fields;
– surveys operational principles of instrumentation;
– describes measurement methods that achieve defined goals pertaining to human exposure.

Sources of uncertainty during calibration and measurements are also identified and guidance is provided on how they should be combined to determine total **measurement uncertainty**. In regard to electric field measurements, this standard considers only the measurement of the unperturbed electric field strength at a point in space (i.e. the electric field prior to the introduction of the field meter and operator) or on conducting surfaces.

NOTE – Some separation between the normative measurement requirements in clauses 5 and 6 and the example measurement protocols and guidance for measurements in annexes D and E is unavoidable because of format requirements.

2 Normative references

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

IEC 61000-3-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase)*

CEI 61000-4-2: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-4-3: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 3: Essais d'immunité aux champs électromagnétiques, rayonnés, aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-6:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 6: Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-8:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 8: Essais d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*. Publication fondamentale en CEM

CISPR 11:1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

ISBN 92-67-01075-1:1993, *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*, Organisation internationale de normalisation

ISBN 92-67-10188-9:1995, ISO TAG, ISO Technical Advisory Group on Metrology, Groupe de travail 3, *Directive pour l'expression de l'incertitude de mesure*

IEEE Std 539:1990, *Norme IEEE, Définitions de termes se rapportant aux effluves et aux effets de champs dus aux lignes d'alimentation aériennes*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test* – Basic EMC Publication

IEC 61000-4-3:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-6:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 8: Power frequency magnetic field immunity test* – Basic EMC Publication

CISPR 11:1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

ISBN 92-67-01075-1:1993, *International vocabulary of basic and general terms in metrology*, International Organization for Standardization.

ISBN 92-67-10188-9:1995, ISO TAG, ISO Technical Advisory Group on Metrology, Working Group 3, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*.

IEEE Std 539:1990, *IEEE Standard Definitions of Terms Relating to Corona and Field Effects of Overhead Power Lines*.