



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings –  
Part 2: Basic standard for measurements**

**Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine –  
Partie 2: Norme de base pour les mesures**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

W

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-1970-6

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
4 General considerations.....	8
4.1 Different goals of measurement .....	8
4.1.1 General.....	8
4.1.2 Characterisation of field levels for compliance with safety standards.....	9
4.1.3 Characterisation of spatial variations.....	9
4.1.4 Characterisation of temporal variation.....	11
4.1.5 Characterisation of frequency content in magnetic field or electric field.....	12
4.1.6 Characterisation of population exposure to magnetic field and definition of metric.....	13
4.2 Sources with multiple frequencies .....	14
4.2.1 General.....	14
4.2.2 Sum of weighted magnitudes .....	14
4.2.3 Weighted peak value.....	15
4.2.4 Impulse separation.....	15
4.2.5 Weighted RMS value.....	15
4.2.6 Highest weighted spectral line.....	16
4.2.7 Conclusion and recommendation.....	16
4.3 Considerations before measurements .....	16
5 Measurement procedures and precaution .....	17
5.1 AC magnetic field.....	17
5.2 DC magnetic field .....	18
5.3 AC electric field .....	19
6 Measurement uncertainty .....	21
7 Measurement report .....	22
Annex A (informative) Examples of fields characteristics in typical environments .....	24
Annex B (informative) Examples of measurement distances .....	27
B.1 IEC 62110:2009 [9].....	27
B.2 IEC 62233: 2005 [10] .....	27
B.3 IEC 62311:2007 [11] .....	27
B.4 IEC 62369-1:2008 [12] .....	27
B.5 IEC/TS 62597:2011 [14].....	27
B.6 IEC 62493:2009 [13].....	28
Annex C (normative) Measurement uncertainty.....	29
C.1 Overview.....	29
C.2 Assessment of type A uncertainty .....	29
C.3 Assessment of type B uncertainty .....	29
C.3.1 Non-uniform field.....	29
C.3.2 Pass-band limitations .....	30
C.3.3 Temperature .....	30
C.3.4 Humidity .....	30
C.3.5 Location of measurement.....	30

C.3.6	Long-term drift.....	31
C.3.7	Instrument time constant .....	31
C.3.8	Proximity effect of observer (for electric field) .....	31
C.3.9	Correction factor.....	31
C.3.10	Hysteresis between scales .....	31
Annex D (informative) Example of measurement uncertainty.....		32
Bibliography.....		33
Figure 1 – Magnetic field levels under a 77 kV overhead transmission line (from [9] ) .....		10
Figure 2 – Electric field levels under an overhead transmission line (from [9] ).....		10
Figure 3 – Example of load variation of 735kV line due to the human activities (daily) and outdoor temperature (seasonal) .....		11
Figure 4 – 50 Hz magnetic field in a high speed train in France .....		12
Figure 5 – Waveform (a) and frequency spectrum (b) of magnetic field generated by a 66,04 cm (26 inches) flat-screen LCD television .....		13
Figure 6 – Example of DC magnetic field profile above DC underground cable (calculated at a height of 1 m).....		19
Figure 7 – Observer proximity effects during electric field measurements in vertical electric field .....		20
Figure A.1 – Magnetic field exposure of typical worker (electrician) in North American power plant (based on 3 days recording) .....		25
Figure B.1 – Lighting equipment and measurement distances (from [13]).....		28
Table A.1 – Example of field characteristics inside (workers environment) and outside (public environment) electric substations in a North American utility .....		24
Table A.2 – Field characteristics ( $\mu\text{T}$ ) in different mass transportation system in US: average and (maximum) .....		26
Table D.1 – Example of measurement uncertainty .....		32

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# MEASUREMENT OF DC MAGNETIC, AC MAGNETIC AND AC ELECTRIC FIELDS FROM 1 Hz TO 100 kHz WITH REGARD TO EXPOSURE OF HUMAN BEINGS –

## Part 2: Basic standard for measurements

### FOREWORD

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

International Standard IEC 61786-2 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
106/322/FDIS	106/326/RVD

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

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

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

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

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

# MEASUREMENT OF DC MAGNETIC, AC MAGNETIC AND AC ELECTRIC FIELDS FROM 1 Hz TO 100 kHz WITH REGARD TO EXPOSURE OF HUMAN BEINGS –

## Part 2: Basic standard for measurements

### 1 Scope

This part of IEC 61786 provides requirements for the measurement of quasi-static magnetic and electric fields that have a frequency content in the range 1 Hz to 100 kHz, and DC magnetic fields, to evaluate the exposure levels of the human body to these fields.

Specifically, this standard gives requirements for establishing measurement procedures that achieve defined goals pertaining to human exposure.

NOTE Requirements on field meters and calibration are described in IEC 61786-1

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, and differences in the goals of the measurements, the specific measurement procedures will be different in the various environments.

Sources of 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, and DC power transmission, and the geomagnetic field. The magnitude ranges covered by this standard are 0,1  $\mu$ T to 200 mT for AC (1  $\mu$ T to 10 T for DC) for magnetic fields, and 1 V/m to 50 kV/m for electric fields.

When measurements outside this range are performed, most of the provisions of this standard will still apply, but special attention should be paid to the specified uncertainty and calibration procedures.

Examples of sources of fields that can be measured with this standard include:

- devices that operate at power frequencies (50/60 Hz) and produce power frequency and power-frequency harmonic fields (examples: power lines, electric appliances...)
- devices that produce fields that are independent of the power frequency. (Examples: electric railway (DC to 20 kHz), commercial aeroplanes (400 Hz), induction heaters (up to 100 kHz), and electric vehicles.)
- devices that produces static magnetic fields: MRI, DC power lines, DC welding, electrolysis, magnets, electric furnaces, etc. DC currents are often generated by converters, which also create AC components (power frequency harmonics), which should be assessed.

When EMF products standards are available, these products standards should be used.

With 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.

Sources of uncertainty during measurements are also identified and guidance is provided on how they should be combined to determine total measurement uncertainty.

## 2 Normative references

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

IEC 61786-1:2013, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	38
1 Domaine d'application .....	40
2 Références normatives .....	41
3 Termes et définitions .....	41
4 Considérations générales .....	42
4.1 Différents objectifs de mesure .....	42
4.1.1 Généralités .....	42
4.1.2 Caractérisation des niveaux de champ pour la conformité aux normes de sécurité .....	43
4.1.3 Caractérisation des variations spatiales .....	43
4.1.4 Caractérisation des variations dans le temps .....	45
4.1.5 Caractérisation du contenu fréquentiel du champ magnétique ou du champ électrique.....	47
4.1.6 Caractérisation de l'exposition des personnes au champ magnétique et définition de la mesure .....	48
4.2 Sources à plusieurs fréquences .....	49
4.2.1 Généralités .....	49
4.2.2 Somme des amplitudes pondérées.....	50
4.2.3 Valeur de crête pondérée.....	50
4.2.4 Séparation d'impulsion .....	50
4.2.5 Valeur efficace pondérée .....	51
4.2.6 Raie spectrale pondérée la plus élevée .....	51
4.2.7 Conclusion et recommandation .....	51
4.3 Considérations avant les mesures.....	51
5 Procédures de mesure et précautions.....	52
5.1 Champ magnétique alternatif .....	52
5.2 Champ magnétique statique.....	54
5.3 Champ électrique alternatif .....	55
6 Incertitude de mesure .....	57
7 Rapport de mesure .....	58
Annexe A (informative) Exemples de caractéristiques des champs dans des environnements classiques .....	60
Annexe B (informative) Exemples de distances de mesure .....	63
B.1 IEC 62110:2009 [9] .....	63
B.2 IEC 62233:2005 [10] .....	63
B.3 IEC 62311:2007 [11] .....	63
B.4 IEC 62369-1:2008 [12] .....	63
B.5 IEC/TS 62597:2011 [14].....	63
B.6 IEC 62493:2009 [13] .....	64
Annexe C (normative) Incertitude de mesure .....	65
C.1 Vue d'ensemble .....	65
C.2 Évaluation de l'incertitude de type A .....	65
C.3 Évaluation de l'incertitude de type B .....	65
C.3.1 Champ non uniforme .....	65
C.3.2 Limitations de la bande passante .....	66
C.3.3 Température .....	66



C.3.4	Humidité .....	66
C.3.5	Emplacement des mesures .....	67
C.3.6	Dérive à long terme.....	67
C.3.7	Constante de temps de l'instrument .....	67
C.3.8	Effet de proximité de l'observateur (pour le champ électrique).....	67
C.3.9	Facteur de correction .....	68
C.3.10	Hystérésis entre échelles .....	68
Annexe D (informative) Exemple d'incertitude de mesure.....		69
Bibliographie.....		70
Figure 1	– Niveaux de champ magnétique sous une ligne aérienne de transport de 77 kV (de [9]).....	44
Figure 2	– Niveaux de champ électrique sous une ligne aérienne de transport (de [9]) .....	45
Figure 3	– Exemple de variation de charge d'une ligne de 735 kV due aux activités humaines (quotidienne) et à la température extérieure (saisonnière) .....	46
Figure 4	– Champ magnétique 50 Hz dans un TGV en France .....	47
Figure 5	– Forme d'onde (a) et spectre de fréquence (b) du champ magnétique générés par un téléviseur LCD à écran plat de 66,04 cm (26 pouces) .....	48
Figure 6	– Exemple de profil de champ magnétique statique au-dessus d'un câble souterrain à courant continu (calculé à 1 m de haut).....	55
Figure 7	– Effets de proximité de l'observateur pendant les mesures de champs électriques dans un champ électrique vertical.....	56
Figure A.1	– Exposition au champ magnétique d'un travailleur (électricien) dans une centrale électrique nord-américaine (enregistrements sur 3 jours) .....	61
Figure B.1	– Équipement d'éclairage et distances de mesure (de [13]) .....	64
Tableau A.1	– Exemple de caractéristiques du champ à l'intérieur (environnements de travail) et à l'extérieur (environnement public) de postes électriques dans une compagnie nord-américaine .....	60
Tableau A.2	– Caractéristiques du champ ( $\mu\text{T}$ ) dans différents systèmes de transport en commun différent aux États-Unis: valeur moyenne et (valeur maximale) .....	62
Tableau D.1	– Exemple d'incertitude de mesure .....	69

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# MESURE DE CHAMPS MAGNÉTIQUES CONTINUS ET DE CHAMPS MAGNÉTIQUES ET ÉLECTRIQUES ALTERNATIFS DANS LA PLAGE DE FRÉQUENCES DE 1 Hz A 100 kHz DANS LEUR RAPPORT À L'EXPOSITION HUMAINE –

## Partie 2: Norme de base pour les mesures

### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61786-2 a été établie par le comité d'études 106 de l'IEC: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
106/322/FDIS	106/326/RVD

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

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

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

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

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

# MESURE DE CHAMPS MAGNÉTIQUES CONTINUS ET DE CHAMPS MAGNÉTIQUES ET ÉLECTRIQUES ALTERNATIFS DANS LA PLAGE DE FRÉQUENCES DE 1 Hz A 100 kHz DANS LEUR RAPPORT À L'EXPOSITION HUMAINE –

## Partie 2: Norme de base pour les mesures

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61786 fournit des exigences pour la mesure des valeurs des champs magnétiques et électriques quasi-statiques avec un contenu fréquentiel compris entre 1 Hz et 100 kHz ainsi que des champs magnétiques continus, permettant d'évaluer les niveaux d'exposition du corps humain à ces champs.

De manière spécifique, la présente norme donne les exigences relatives à la mise en place de procédures de mesure permettant d'atteindre les objectifs définis quant à l'exposition humaine.

NOTE Les exigences en matière de mesureurs de champ et d'étalonnage sont décrites dans l'IEC 61786-1.

Compte tenu des différences de caractéristiques des champs par rapport aux sources dans les divers environnements (contenu fréquentiel, variations temporelles et spatiales, polarisation et amplitude, par exemple) et des différences d'objectifs des mesures, les procédures de mesure spécifiques sont différentes selon les environnements.

Parmi les sources de champs figurent des dispositifs qui fonctionnent aux fréquences industrielles et qui produisent des champs à ces fréquences et aux fréquences harmoniques, ainsi que des dispositifs produisant des champs indépendants de la fréquence industrielle, la transmission d'énergie en courant continu, et le champ magnétique statique terrestre. Les plages d'amplitudes couvertes par la présente norme vont respectivement de 0,1  $\mu$ T à 200 mT en alternatif (1  $\mu$ T à 10 T en continu) pour les champs magnétiques et de 1 V/m à 50 kV/m pour les champs électriques.

Si des mesures hors de cette plage sont réalisées, la plupart des dispositions de la présente norme s'appliquent toujours, mais il convient de veiller particulièrement à l'incertitude spécifiée et aux procédures d'étalonnage.

Par exemple, les sources de champs qui peuvent être mesurées avec la présente norme sont:

- les dispositifs fonctionnant aux fréquences industrielles (50/60 Hz) et générant des champs de fréquence industrielle et des harmoniques de ces fréquences (exemples: lignes d'énergie, appareils électriques...)
- les dispositifs générant des champs indépendants de la fréquence industrielle. (Exemples: voie de chemin de fer électrifiée (du continu. à 20 kHz), avions de ligne (400 Hz), les appareils de chauffage par induction (jusqu'à 100 kHz) et les véhicules électriques).
- les dispositifs générant des champs magnétiques statiques: imagerie par résonance magnétique (IRM), lignes d'énergie à courant continu, soudage par courant continu, électrolyse, aimants, fours électriques ... Les courants continus sont souvent générés par des convertisseurs, qui créent également des composantes alternatives (harmoniques à fréquence industrielle), qu'il convient d'évaluer.

Si des normes de produit concernant les champs électromagnétiques sont disponibles, il convient de les utiliser.

Eu égard aux 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'introduction du mesureur du champ et de l'opérateur) ou sur des surfaces conductrices.

Les sources d'incertitude pendant les mesures sont également identifiées, et des lignes directrices sont fournies quant à la manière dont il convient de les combiner afin de déterminer l'incertitude de mesure totale.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61786-1:2013, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 1: Exigences applicables aux instruments de mesure*

ISO/IEC Guide 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

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