

Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence - Méthodes de calcul des densités de courant induit et des

Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field

Sicherheit in elektrischen oder magnetischen Feldern im niedrigen und mittleren Frequenzbereich - Verfahren zur Berechnung der induzierten

09/2007

Avant-propos national

Cette Norme Européenne EN 62226-3-1:2007 a été adoptée comme Norme Luxembourgeoise ILNAS-EN 62226-3-1:2007.

Toute personne intéressée, membre d'une organisation basée au Luxembourg, peut participer gratuitement à l'élaboration de normes luxembourgeoises (ILNAS), européennes (CEN, CENELEC) et internationales (ISO, IEC) :

- Influencer et participer à la conception de normes
- Anticiper les développements futurs
- Participer aux réunions des comités techniques

<https://portail-qualite.public.lu/fr/normes-normalisation/participer-normalisation.html>

CETTE PUBLICATION EST PROTÉGÉE PAR LE DROIT D'AUTEUR

Aucun contenu de la présente publication ne peut être reproduit ou utilisé sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit - électronique, mécanique, photocopie ou par d'autres moyens sans autorisation préalable !

**Exposition aux champs électriques ou magnétiques
à basse et moyenne fréquence -
Méthodes de calcul des densités de courant induit
et des champs électriques induits dans le corps humain -
Partie 3-1: Exposition à des champs électriques -
Modèles analytiques et numériques 2D
(CEI 62226-3-1:2007)**

Sicherheit in elektrischen
oder magnetischen Feldern im niedrigen
und mittleren Frequenzbereich -
Verfahren zur Berechnung der induzierten
Körperstromdichte und des im menschlichen
Körpers induzierten elektrischen Feldes -
Teil 3-1: Exposition gegenüber
elektrischen Feldern -
Analytische Modelle
und numerische 2D-Modelle
(IEC 62226-3-1:2007)

Exposure to electric
or magnetic fields in the low
and intermediate frequency range -
Methods for calculating the current density
and internal electric field induced
in the human body -
Part 3-1: Exposure to electric fields -
Analytical and 2D numerical models
(IEC 62226-3-1:2007)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2007-09-01. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

Secrétariat Central: rue de Stassart 35, B - 1050 Bruxelles

Avant-propos

Le texte du document 106/125/FDIS, future édition 1 de la CEI 62226-3-1, préparé par le CE 106 de la CEI, Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine, a été soumis au vote parallèle CEI-CENELEC et a été approuvé par le CENELEC comme EN 62226-3-1 le 2007-09-01.

Cette Norme Européenne doit être utilisée conjointement avec la EN 62226-1:2005.

Les dates suivantes ont été fixées:

- date limite à laquelle la EN doit être mise en application
au niveau national par publication d'une norme
nationale identique ou par entérinement (dop) 2008-06-01
- date limite à laquelle les normes nationales
conflictuelles doivent être annulées (dow) 2010-09-01

Notice d'entérinement

Le texte de la Norme internationale CEI 62226-3-1:2007 a été approuvé par le CENELEC comme Norme Européenne sans aucune modification.

INTERNATIONAL STANDARD

IEC
CEI

NORME INTERNATIONALE

62226-3-1

First edition
Première édition
2007-05

**Exposure to electric or magnetic fields
in the low and intermediate frequency range –
Methods for calculating the current density and
internal electric field induced in the human body –**

**Part 3-1:
Exposure to electric fields –
Analytical and 2D numerical models**

**Exposition aux champs électriques ou
magnétiques à basse et moyenne fréquence –
Méthodes de calcul des densités de courant
induit et des champs électriques induits dans
le corps humain –**

**Partie 3-1:
Exposition à des champs électriques –
Modèles analytiques et numériques 2D**



Reference number
Numéro de référence
IEC/CEI 62226-3-1:2007

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	59
INTRODUCTION	61
1 Domaine d'application	62
2 Exposition au champ électrique	62
3 Procédure générale	65
3.1 Facteur de forme	65
3.2 Procédure	65
4 Modèles de corps humain	66
4.1 Généralités	66
4.2 Surface développée	66
4.3 Modèle semi-sphéroïdal	67
4.4 Modèle de corps axisymétrique	69
5 Calcul du courant induit	70
5.1 Généralités	70
5.2 Semi sphéroïde	70
5.3 Modèle axisymétrique	74
5.4 Comparaison entre les modèles analytique et numérique	81
6 Influence des paramètres électriques	81
6.1 Généralités	81
6.2 Influence de la permittivité	81
6.3 Influence de la conductivité	82
6.4 Conductivité non homogène	82
7 Mesure des courants induits par des champs électriques	82
7.1 Généralités	82
7.2 Courant circulant vers le sol	82
Annexe A (normative) Solutions analytiques pour un sphéroïde dans un champ électrique uniforme	84
Annexe B (normative) Modèle axisymétrique du corps humain	87
Annexe C (informative) Modèle du corps de l'enfant	92
Annexe D (informative) Exemple d'utilisation de cette norme	94
Annexe E (informative) Méthodes de calcul numérique	98
Bibliographie	106
Figure 1 – Illustration du phénomène de courants induits par un champ électrique dans un corps humain debout sur le sol	64
Figure 2 – Lignes de potentiel du champ électrique généré par un fil sous tension, en l'absence de tout objet (toutes les distances sont en mètres)	64
Figure 3 – Un modèle réaliste de corps	66
Figure 4 – Schéma du demi-sphéroïde simulant un être humain debout sur un plan au potentiel zéro	67
Figure 5 – Rayon du sphéroïde équivalent, R , en fonction de la hauteur, L , et pour différentes masses, M	69

Figure 6 – Le modèle axisymétrique pour l'homme (à gauche) et la femme (à droite) de référence	69
Figure 7 – Sphéroïde conducteur exposé à un champ électrique.....	70
Figure 8 – Calcul du <i>facteur de forme pour le champ électrique</i> K_E pour un sphéroïde exposé à un champ électrique non perturbé.....	71
Figure 9 – Densité de courant J_S induite par un champ électrique non perturbé (1 kV/m, 50 Hz) dans un sphéroïde, en fonction du paramètre L/R (valeurs en $\mu A/m^2$).....	72
Figure 10 – Dimensions et maillage du demi-sphéroïde	73
Figure 11 – Distorsion des lignes de champ électrique de fréquence industrielle à proximité du demi-sphéroïde conducteur.....	73
Figure 12 – Densité de courant induit $J_A(h)$ dans le corps debout dans un champ électrique vertical de 1 kV/m à 50 Hz.....	75
Figure 13 – Domaine de calcul.....	77
Figure 14 – Maillage du modèle du corps humain et distorsion des lignes de champ électrique à fréquence industrielle à proximité du modèle de l'homme de référence.....	77
Figure 15 – Distributions des lignes de potentiel et de l'amplitude du champ électrique à 50 Hz pour le modèle de l'homme de référence	78
Figure 16 – Calcul des courants induits J_A le long de l'axe vertical et distribution des courants induits dans le modèle de l'homme de référence, 50 Hz	78
Figure 17 – Maillage du modèle du corps humain et distorsion des lignes de champ électrique de fréquence industrielle à proximité du modèle de la femme de référence.....	79
Figure 18 – Distributions des lignes de potentiel et de l'amplitude du champ électrique à 50 Hz pour le modèle de la femme de référence	80
Figure 19 – Calcul des courants induits J_A le long de l'axe vertical et distribution des courants induits dans le modèle de la femme, 50 Hz.....	80
Figure A.1 – Sphéroïde conducteur exposé à un champ électrique	84
Figure B.1 – Modèles axisymétriques normalisés. A gauche le modèle de l'homme et à droite le modèle de la femme.....	89
Figure C.1 – Calcul des courants induits J_Z le long de l'axe vertical et distribution des courants induits dans le modèle d'enfant de référence de 10 ans	93
Figure E.1 – Modèle sphéroïdal	99
Figure E.2 – Modèle du potentiel d'espace	100
Figure E.3 – Exemple de méthode de la charge équivalente, utilisant des anneaux	101
Figure E.4 – Méthode de l'équation intégrale des charges superficielles, en découpant le corps en N éléments	102
Figure E.5 – Maillage du corps en utilisant la méthode des éléments finis	103
Figure E.6 – Méthode de l'impédance	104
Figure E.7 – Méthode de Yee: Grille électriques et magnétiques pour la discrétisation spatiale.....	105
Tableau 1 – Données pour l'homme de référence et pour la femme de référence.....	67
Tableau 2 – Valeurs de $\arcsin(e) / e$ pour différentes valeurs de L/R	68
Tableau 3 – Données déduites en utilisant le modèle sphéroïde à 50 Hz	74
Tableau 4 – Champ électrique E_{BR} nécessaire pour produire la restriction de base J_{BR} dans le cou à 50 Hz.....	76
Tableau 5 – Comparaison des valeurs du facteur de forme pour le champ électrique K_E et des densités de courant correspondantes pour un champ électrique 50 Hz non perturbé de 1 kV/m	81

Tableau B.1 – Mesures de l'étude anthropomorphique utilisées pour construire les dimensions verticales du modèle axisymétrique [56]	88
Tableau B.2 – Mesures de l'étude anthropomorphique utilisées pour construire les dimensions verticales du modèle axisymétrique [56]	88
Tableau B.3 – Dimensions du modèle normalisé	90
Tableau B.4 – Dimensions du modèle axisymétrique pour l'Homme de référence et la Femme de référence dont la masse et la hauteur sont définies par l'ICRP [38] et données dans le Tableau 1	91
Tableau C.1 – Valeurs de référence données par l'ICRP pour les enfants masculin et féminin.....	92
Tableau C.2 – Dimensions de l'enfant de référence (en m excepté SB_R en m ²)	92
Tableau C.3 – Résultats de la méthode analytique pour les enfants de référence	93
Tableau D.1 – Dimensions normalisées du modèle pour les femmes	95
Tableau D.2 – Calcul des dimensions pour une personne spécifique	96

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTRIQUES OU MAGNÉTIQUES
À BASSE ET MOYENNE FRÉQUENCE –
MÉTHODES DE CALCUL DES DENSITÉS DE COURANT INDUIT
ET DES CHAMPS ÉLECTRIQUES INDUITS DANS LE CORPS HUMAIN –**

**Partie 3-1: Exposition à des champs électriques –
Modèles analytiques et numériques 2D**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62226-3-1 a été établie par le comité d'études 106: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine.

La présente Partie 3-1 doit être utilisée conjointement avec la première édition de la CEI 62226-1:2004, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence – Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques induits dans le corps humain – Partie 1: Généralités*.