IEC/IEEE 63195-2

Edition 1.0 2022-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Assessment of power density of human exposure to radio frequency fields from wireless devices in close proximity to the head and body (frequency range of 6 GHz to 300 GHz) – Part 2: Computational procedure

Évaluation de la densité de puissance de l'exposition humaine aux champs radiofréquences provenant de dispositifs sans fil à proximité immédiate de la tête et du corps (plage de fréquences de 6 GHz à 300 GHz) – Partie 2: Procédure de calcul

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-0184-8

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 6
INTRODUCTION 8
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
3.1 Exposure metrics and parameters 10
3.2 Spatial, physical, and geometrical parameters associated with exposure metrics 11
3.3 Test device technical operating and antenna parameters 13
3.4 Computational parameters 13
3.5 Uncertainty parameters 14
4 Symbols and abbreviated terms 14
4.1 Symbols 14
4.1.1 Physical quantities 14
4.1.2 Constants 15
4.2 Abbreviated terms 15
5 Overview and application of this document 16
5.1 Overview of the numerical evaluation 16
5.2 Application of this document 17
5.3 Stipulations 18
6 Requirements on the numerical software 18
7 Model development and validation 19
7.1 General 19
7.2 Development of the numerical model of the DUT 19
7.3 Power normalization 20
7.4 Requirements on the experimental test equipment for model validation 22
7.4.1 General 22
7.4.2 Ambient conditions and device holder 23
7.4.3 Power measurement 23
7.5 Testing configurations for the validation of the DUT model 24
7.5.1 General 24
7.5.2 Tests to be performed 24
7.5.3 Determining the validity of the DUT model 25
7.5.4 Test reduction for additional DUTs 25
8 Power density computation and averaging 26
8.1 Evaluation surface 26
8.2 Tests to be performed and DUT configurations 26
8.2.1 General 26
8.2.2 Devices with a single radiating element or with multiple elements that do not operate simultaneously 27
8.2.3 Devices with antenna arrays or sub-arrays 27
8.2.4 Devices with multiple antennas or multiple transmitters 28
8.3 Considerations on the evaluation surface and dimensions of the computational domain 29
8.4 Averaging of power density on an evaluation surface 29
8.4.1 General 29
8.4.2 Construction of the averaging area on an evaluation surface 30

8.5 Computation of sPD by integration of the Poynting vector 31
8.5.1 General 31
8.5.2 Surface-normal propagation-direction power density into the evaluation surface, sPD_{n+} 31
8.5.3 Total propagating power density into the evaluation surface, sPD_{tot+} 32
8.5.4 Total power density directed into the phantom considering near-field exposure, sPD_{mod+} 32
8.6 Software 33
9 Uncertainty evaluation 33
9.1 General 33
9.2 Uncertainty of the sPD and of the $mpsPD$ due to the computational parameters 33
9.2.1 Uncertainty contributions due to the computational parameters 33
9.2.2 Mesh resolution 34
9.2.3 Absorbing boundary conditions 35
9.2.4 Power budget 35
9.2.5 Model truncation 35
9.2.6 Convergence 35
9.2.7 Dielectric properties 36
9.2.8 Lossy conductors 36
9.3 Uncertainty contribution of the computational representation of the DUT model 36
9.4 Uncertainty of the maximum exposure evaluation 37
9.5 Uncertainty budget 38
10 Reporting 39
Annex A (normative) Code verification 41
A.1 General 41
A.2 Interpolation and superposition of vector field components 41
A.3 Computation of the far-field pattern and the radiated power 43
A.4 Implementation of lossy conductors 43
A.5 Implementation of anisotropic dielectrics 46
A.6 Computation of the sPD and $psPD$ 47
A.6.1 General 47
A.6.2 Planar surfaces 49
A.6.3 Non-planar surfaces 50
A.7 Implementation of the field extrapolation according to the surface equivalence principle 52
Annex B (informative) Experimental evaluation of the radiated power 53
B.1 General 53
B.2 Direct conducted power measurements 53
B.3 Radiated power measurement methods 54
B.4 Information provided by the DUT 54
Annex C (normative) Maximum-exposure evaluation techniques 55
C.1 General 55
C.2 Evaluation of EM fields radiated by each antenna element 55
C.3 Evaluation of the $mpsPD$ by superposition of individual EM fields 56
C.3.1 General 56
C.3.2 Maximization over the entire codebook by exhaustive search 56
C.3.3 Optimization with fixed total conducted power 56

C.3.4 Optimization with fixed power at each port 56
Annex D (informative) Examples of the implementation of power density averaging algorithms 58
D.1 Example for the evaluation of the $psPD$ on a planar surface 58
D.1.1 General 58
D.1.2 Evaluation of the $psPD$ by direct construction of the averaging area 58
D.1.3 Example for the efficient evaluation of the $psPD$ using an equidistant mesh on the evaluation surface 59
D.2 Example for the evaluation of the $psPD$ on a non-planar surface 60
Annex E (informative) File format for exchange of field data 62
Annex F (informative) Rationales of the methods applied in IEC/IEEE 63195-1 and this document 64
F.1 Frequency range 64
F.2 Computation of sPD 64
F.2.1 Application of the Poynting vector for computation of incident power density 64
F.2.2 Averaging area 65
Annex G (informative) Square averaging area on non-planar evaluation surfaces 66
G.1 General 66
G.2 Example implementation for the evaluation of the $psPD$ on a non-planar surface using square-shaped averaging area 66
Annex H (informative) Validation of the maximum-exposure evaluation techniques 67
H.1 General 67
H.2 Validation of the exhaustive search 67
H.2.1 Validation of the exhaustive search 67
H.2.2 Validation using reconstruction method 67
H.2.3 Validation of optimization with fixed total conducted power or with fixed power at each port 67
H.2.4 Validation of the maximum-exposure evaluation of measurement results 67
H.3 Example validation source for maximum-exposure evaluation validation 68
H.3.1 Description 68
H.3.2 Positioning 70
H.3.3 Nominal codebook, uncertainty and conducted power P_R 71
H.3.4 Target values 71
Annex I (normative) Supplemental files and their checksums 73
Bibliography 74

Figure 1 – Overview of the numerical power density evaluation procedure 17
Figure 2 – Power reference planes 22
Figure 3 – Example for configurations of radiating elements as different antenna sub-arrays on the same DUT 27
Figure 4 – Flow chart for the evaluation of power density for DUTs with antenna arrays or sub-arrays as described in 8.2.3 28
Figure 5 – Example of the construction of the averaging area within a sphere with fixed radius according to 8.4 31
Figure A.1 – Configuration of three $\lambda/2$ dipoles, D_1, D_2, and D_3, for the evaluation of the interpolation and superposition of the electric field and magnetic field components 42
Figure A.2 – R320 waveguide 45

Figure A.3 – Cross section of the R320 waveguide showing the locations of the E_y components to be recorded 46
Figure A.4 – $S_i(x,y)$ computed with Formula (A.4) for the six parameter sets of Table A.6 normalized to their maxima 49
Figure A.5 – Cross sections of the symmetric quarters of the testing geometries (SAR Stars) for the benchmarking of the power density averaging algorithm 51
Figure A.6 – Areas for the computation of the sPD on a cone of the SAR Star 51
Figure D.1 – Rotated averaging area on the discretized evaluation surface (base mesh) 60
Figure D.2 – Reduction of the area of triangles that are partially included in the averaging sphere 61
Figure H.1 – Main dimensions of patch array stencil 69
Figure H.2 – Main dimensions of the validation device, including polypropylene casing 70
Figure H.3 – Validation device with SAM head in the tilt position 70
Figure H.4 – Validation device with SAM head in the touch position 71

Table 1 – Budget of the uncertainty contributions of the computational algorithm for the validation setup or testing setup 34
Table 2 – Budget of the uncertainty of the developed model of the DUT 37
Table 3 – Computational uncertainty budget 38
Table A.1 – Interpolation and superposition of vector field components; maximum permissible deviation from the reference results is 10 % 42
Table A.2 – Computation of P_R; maximum permissible deviation from the reference results is 10 % for the radiated power and for the electric field amplitude of the far-field pattern 43
Table A.3 – Minimum fine and coarse mesh step for used method 46
Table A.4 – Results of the evaluation of the computational dispersion characteristics 46
Table A.5 – Results of the evaluation of the representation of anisotropic dielectrics 47
Table A.6 – Parameters for the incident power density distribution of Formula (A.4) 48
Table B.1 – Comparison of the experimental methods for the evaluation of the radiated power 53
Table H.1 – Main dimensions for the patch array stencil 68
Table H.2 – Main dimensions of the validation device 68
Table H.3 – Target values for validation device with the nominal codebook 72
Table H.4 – Target values for validation device with infinite codebook 72

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ASSESSMENT OF POWER DENSITY OF HUMAN EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY FIELDS FROM WIRELESS DEVICES IN CLOSE PROXIMITY TO THE HEAD AND BODY (FREQUENCY RANGE OF 6 GHz TO 300 GHz) –

Part 2: Computational procedure

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 document(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.

   IEEE Standards documents are developed within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE SA) Standards Board. IEEE develops its standards through a consensus development process, approved by the American National Standards Institute, which brings together volunteers representing varied viewpoints and interests to achieve the final product. Volunteers are not necessarily members of IEEE and serve without compensation. While IEEE administers the process and establishes rules to promote fairness in the consensus development process, IEEE does not independently evaluate, test, or verify the accuracy of any of the information contained in its standards. Use of IEEE Standards documents is wholly voluntary. *IEEE documents are made available for use subject to important notices and legal disclaimers (see* http://standards.ieee.org/ipr/disclaimers.html *for more information).*

   IEC collaborates closely with IEEE in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations. This Dual Logo International Standard was jointly developed by the IEC and IEEE under the terms of that agreement.

2) The formal decisions 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. The formal decisions of IEEE on technical matters, once consensus within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees has been reached, is determined by a balanced ballot of materially interested parties who indicate interest in reviewing the proposed standard. Final approval of the IEEE standards document is given by the IEEE Standards Association (IEEE SA) Standards Board.

3) IEC/IEEE Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees/IEEE Societies in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC/IEEE Publications is accurate, IEC or IEEE 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 (including IEC/IEEE Publications) transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC/IEEE Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.

5) IEC and IEEE do not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC and IEEE are 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 IEEE or their directors, employees, servants or agents including individual experts and members of technical committees and IEC National Committees, or volunteers of IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE SA) Standards Board, 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/IEEE Publication or any other IEC or IEEE 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 implementation of this IEC/IEEE Publication may require use of material covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. IEC or IEEE shall not be held responsible for identifying Essential Patent Claims for which a license may be required, for conducting inquiries into the legal validity or scope of Patent Claims or determining whether any licensing terms or conditions provided in connection with submission of a Letter of Assurance, if any, or in any licensing agreements are reasonable or non-discriminatory. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

IEC/IEEE 63195-2 was prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure, in cooperation with the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) of the IEEE Standards Association, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement between IEC and IEEE. It is an International Standard.

This document is published as an IEC/IEEE Dual Logo standard.

This publication contains supplemental files that are required for the code verification according to Annex A. Download links and checksums for these files can be found in Annex I.

The text of this International Standard is based on the following IEC documents:

Draft	Report on voting
106/564/FDIS	106/569/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC/IEEE 63195 series, published under the general title *Assessment of power density of human exposure to radio frequency fields from wireless devices in close proximity to the head and body*, can be found on the IEC website.

The IEC Technical Committee and IEEE Technical Committee have decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

INTRODUCTION

This document provides a method to evaluate the human exposure from wireless devices using computational methods. This document was developed to provide procedures for the numerical modelling and evaluation of such wireless devices operating close to the head, held in the hand or in front of the face, mounted on the body or embedded in garments. It applies to individual transmitters as well as to transmitters operating simultaneously with other transmitters within a product. The choice of technique, i.e. FDTD or FEM, is optional but can be influenced by the application. The advantages of computational procedures include the capability to provide repeatable, non-intrusive methods for determining exposure in or near an object and without the need for expensive hardware equipment. Device categories covered include but are not limited to mobile telephones, radio transmitters in personal computers, desktop and laptop devices, and multi-band and multi-antenna devices. This document specifies:

- requirements on the numerical software (Clause 5);
- model development and validation (Clause 7);
- power density computation and averaging (Clause 8);
- uncertainty evaluation (Clause 9);
- reporting requirements (Clause 10).

To develop this document, IEC Technical Committee 106 (TC 106) and IEEE International Committee on Electromagnetic Safety (ICES), Technical Committee 34 (TC 34) Subcommittee 1 (SC 1) formed Joint Working Group 11 (JWG 11) on computational methods to assess the power density of human exposure to radio frequency fields from wireless devices in close proximity to the head and body.

ASSESSMENT OF POWER DENSITY OF HUMAN EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY FIELDS FROM WIRELESS DEVICES IN CLOSE PROXIMITY TO THE HEAD AND BODY (FREQUENCY RANGE OF 6 GHz TO 300 GHz) –

Part 2: Computational procedure

1 Scope

This document specifies computational procedures for conservative and reproducible computations of power density (PD) incident to a human head or body due to radio-frequency (RF) electromagnetic field (EMF) transmitting devices. The computational procedures described are finite-difference time-domain (FDTD) and finite element methods (FEM), which are computational techniques that can be used to determine electromagnetic quantities by solving Maxwell's equations within a specified computational uncertainty. The procedures specified here apply to exposure evaluations for a significant majority of the population during the use of hand-held and body-worn RF transmitting devices. The methods apply to devices that can feature single or multiple transmitters or antennas, and that can be operated with their radiating part or parts at distances up to 200 mm from a human head or body.

This document can be employed to determine conformity with any applicable maximum PD requirements of different types of RF transmitting devices used in close proximity to the head and body, including those combined with other RF transmitting or non-transmitting devices or accessories (e.g. belt-clip), or embedded in garments. The overall applicable frequency range of these protocols and procedures is from 6 GHz to 300 GHz.

The RF transmitting device categories covered in this document include but are not limited to mobile telephones, radio transmitters in personal computers, desktop and laptop devices, and multi-band and multi-antenna devices.

The procedures of this document do not apply to PD evaluation of electromagnetic fields emitted or altered by devices or objects intended to be implanted in the body.

NOTE For the evaluation of the combined exposure from simultaneous transmitters operating on frequencies below 6 GHz, the relevant standards for SAR computation are IEC/IEEE 62704-1:2017 and IEC/IEEE 62704-4:2020.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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/IEEE 62704-1:2017, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 1: General requirements for using the finite difference time-domain (FDTD) method for SAR calculations*

IEC/IEEE 62704-4:2020, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 4: General requirements for using the finite element method for SAR calculations*

IEC/IEEE 63195-1:2021[1], *Assessment of power density of human exposure to radio frequency fields from wireless devices in close proximity to the head and body (frequency range of 6 GHz to 300 GHz) – Part 1: Measurement procedure*

IEEE Std 145, *IEEE Standard for Definitions of Terms for Antennas*

[1] To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 80
INTRODUCTION 83
1 Domaine d'application 84
2 Références normatives 84
3 Termes et définitions 85
3.1 Paramètres et indicateurs d'exposition 85
3.2 Paramètres spatiaux, physiques et géométriques associés aux indicateurs d'exposition 87
3.3 Paramètres techniques de fonctionnement et d'antenne du dispositif d'essai 88
3.4 Paramètres de calcul 89
3.5 Paramètres d'incertitude 89
4 Symboles et termes abrégés 90
4.1 Symboles 90
4.1.1 Grandeurs physiques 90
4.1.2 Constantes 90
4.2 Termes abrégés 91
5 Vue d'ensemble et application du présent document 91
5.1 Vue d'ensemble de l'évaluation numérique 91
5.2 Application du présent document 92
5.3 Conditions 93
6 Exigences relatives au logiciel numérique 93
7 Développement et validation du modèle 95
7.1 Généralités 95
7.2 Développement du modèle numérique du DUT 95
7.3 Normalisation de la puissance 96
7.4 Exigences relatives à l'équipement d'essai expérimental pour la validation du modèle 97
7.4.1 Généralités 97
7.4.2 Conditions ambiantes et support de dispositif 98
7.4.3 Mesure de la puissance 98
7.5 Configurations d'essai pour la validation du modèle du DUT 99
7.5.1 Généralités 99
7.5.2 Essais à réaliser 99
7.5.3 Détermination de la validité du modèle du DUT 100
7.5.4 Réduction des essais pour les DUT supplémentaires 100
8 Calcul et moyennage de la densité de puissance 101
8.1 Surface d'évaluation 101
8.2 Essais à réaliser et configurations du DUT 101
8.2.1 Généralités 101
8.2.2 Dispositifs avec un élément rayonnant unique ou avec plusieurs éléments qui ne fonctionnent pas simultanément 102
8.2.3 Dispositifs avec des réseaux ou sous-réseaux d'antenne 102
8.2.4 Dispositifs avec plusieurs antennes ou plusieurs émetteurs 103
8.3 Considérations relatives à la surface d'évaluation et aux dimensions du domaine de calcul 104
8.4 Moyennage de la densité de puissance sur une surface d'évaluation 104
8.4.1 Généralités 104

8.4.2 Construction de la zone de moyennage sur une surface d'évaluation 105
8.5 Calcul de la sPD par intégration du vecteur de Poynting 106
8.5.1 Généralités 106
8.5.2 Densité de puissance dans la direction de propagation de la normale à la surface dans la surface d'évaluation, sPD_{n+} 106
8.5.3 Densité de puissance de propagation totale dans la surface d'évaluation, sPD_{tot+} 107
8.5.4 Densité de puissance totale dirigée vers le fantôme en tenant compte de l'exposition dans le champ proche, sPD_{mod+} 107
8.6 Logiciel 108
9 Evaluation de l'incertitude 108
9.1 Généralités 108
9.2 Incertitude de la sPD et de la $mpsPD$ due aux paramètres de calcul 109
9.2.1 Contributions à l'incertitude dues aux paramètres de calcul 109
9.2.2 Résolution du maillage 109
9.2.3 Conditions aux limites absorbantes 110
9.2.4 Bilan de puissance 110
9.2.5 Troncature du modèle 110
9.2.6 Convergence 111
9.2.7 Propriétés diélectriques 112
9.2.8 Conducteurs avec pertes 112
9.3 Contribution à l'incertitude de la représentation par calcul du modèle du DUT 112
9.4 Incertitude de l'évaluation de l'exposition maximale 113
9.5 Bilan d'incertitude 113
10 Rapport 114
Annexe A (normative) Vérification des codes 116
A.1 Généralités 116
A.2 Interpolation et superposition des composantes des champs vectoriels 116
A.3 Calcul du diagramme de champ lointain et de la puissance rayonnée 118
A.4 Mise en œuvre des conducteurs avec pertes 118
A.5 Mise en œuvre des éléments diélectriques anisotropes 122
A.6 Calcul de la sPD et de la $psPD$ 123
A.6.1 Généralités 123
A.6.2 Surfaces planes 124
A.6.3 Surfaces non planes 125
A.7 Mise en œuvre de l'extrapolation de champ selon le principe de l'équivalence des surfaces 127
Annexe B (informative) Evaluation expérimentale de la puissance rayonnée 128
B.1 Généralités 128
B.2 Mesures directes de la puissance conduite 128
B.3 Méthodes de mesure de la puissance rayonnée 129
B.4 Informations fournies par le DUT 129
Annexe C (normative) Techniques d'évaluation de l'exposition maximale 130
C.1 Généralités 130
C.2 Evaluation des champs EM rayonnés par chaque élément d'antenne 130
C.3 Evaluation de la $mpsPD$ par superposition des différents champs EM 131
C.3.1 Généralités 131
C.3.2 Maximisation sur l'ensemble de la liste de codage par recherche exhaustive 131

C.3.3 Optimisation avec une puissance totale conduite fixe 131
C.3.4 Optimisation avec une puissance fixe à chaque accès 131
Annexe D (informative) Exemples de mise en œuvre des algorithmes de moyennage de la densité de puissance 133
D.1 Exemple d'évaluation de la $psPD$ sur une surface plane 133
D.1.1 Généralités 133
D.1.2 Evaluation de la $psPD$ par construction directe de la zone de moyennage 133
D.1.3 Exemple d'évaluation efficace de la $psPD$ à l'aide d'un maillage équidistant sur la surface d'évaluation 134
D.2 Exemple d'évaluation de la $psPD$ sur une surface non plane 135
Annexe E (informative) Format de fichier pour l'échange des données de champ 137
Annexe F (informative) Justifications des méthodes appliquées dans l'IEC/IEEE 63195-1 et dans le présent document 139
F.1 Plage de fréquences 139
F.2 Calcul de la sPD 139
F.2.1 Application du vecteur de Poynting pour le calcul de la densité de puissance incidente 139
F.2.2 Zone de moyennage 140
Annexe G (informative) Zone de moyennage carrée sur les surfaces d'évaluation non planes 141
G.1 Généralités 141
G.2 Exemple de mise en œuvre pour l'évaluation de la $psPD$ sur une surface non plane à l'aide d'une zone de moyennage de forme carrée 141
Annexe H (informative) Validation des techniques d'évaluation de l'exposition maximale 142
H.1 Généralités 142
H.2 Validation de la recherche exhaustive 142
H.2.1 Validation de la recherche exhaustive 142
H.2.2 Validation à l'aide de la méthode de reconstruction 142
H.2.3 Validation de l'optimisation avec une puissance totale conduite fixe ou avec une puissance fixe à chaque accès 142
H.2.4 Validation de l'évaluation d'exposition maximale des résultats de mesure 143
H.3 Exemple de source de validation pour la validation de l'évaluation d'exposition maximale 143
H.3.1 Description 143
H.3.2 Positionnement 145
H.3.3 Liste de codage nominale, incertitude et puissance conduite P_R 146
H.3.4 Valeurs cibles 146
Annexe I (normative) Fichiers supplémentaires et leurs sommes de contrôle 148
Bibliographie 149

Figure 1 – Vue d'ensemble de la procédure d'évaluation numérique de la densité de puissance 92
Figure 2 – Plans de référence de la puissance 97
Figure 3 – Exemple de configurations d'éléments rayonnants en différents sous-réseaux d'antenne sur le même DUT 102
Figure 4 – Logigramme de l'évaluation de la densité de puissance pour les DUT avec des réseaux ou sous-réseaux d'antennes décrits en 8.2.3 103

Figure 5 – Exemple de construction de la zone de moyennage dans une sphère de rayon fixe conformément au 8.4 106
Figure A.1 – Configuration de trois dipôles $\lambda/2$, D_1, D_2 et D_3, pour l'évaluation de l'interpolation et de la superposition des composantes du champ électrique et du champ magnétique 117
Figure A.2 – Guide d'ondes R320 120
Figure A.3 – Section du guide d'ondes R320 qui indique les emplacements des composantes E_y à enregistrer 121
Figure A.4 – Composante $S_i(x,y)$ calculée à l'aide de la Formule (A.4) pour les six jeux de paramètres du Tableau A.6 normalisés à leurs valeurs maximales 124
Figure A.5 – Sections des quarts symétriques des géométries d'essai (étoiles du DAS) pour l'étalonnage de l'algorithme de moyennage de la densité de puissance 126
Figure A.6 – Zones pour le calcul de la sPD sur un cône de l'étoile du DAS 126
Figure D.1 – Zone de moyennage pivotée sur la surface d'évaluation discrétisée (maillage de base) 135
Figure D.2 – Réduction de l'aire des triangles qui sont partiellement inclus dans la sphère de moyennage 136
Figure H.1 – Dimensions principales du gabarit du réseau à plaques 144
Figure H.2 – Dimensions principales du dispositif de validation, enveloppe en polypropylène incluse 145
Figure H.3 – Dispositif de validation avec la tête du SAM en position d'inclinaison 145
Figure H.4 – Dispositif de validation avec la tête du SAM en position de contact 146

Tableau 1 – Bilan des contributions à l'incertitude de l'algorithme de calcul pour le montage de validation ou le montage d'essai 109
Tableau 2 – Bilan d'incertitude du modèle développé du DUT 113
Tableau 3 – Bilan d'incertitude de calcul 114
Tableau A.1 – Interpolation et superposition des composantes de champ vectoriel; l'écart maximal admissible par rapport aux résultats de référence est de 10 % 117
Tableau A.2 – Calcul de la P_R; l'écart maximal admissible par rapport aux résultats de référence est de 10 % pour la puissance rayonnée et pour l'amplitude du champ électrique du diagramme de champ lointain 118
Tableau A.3 – Pas de maillage fin et grossier minimal pour la méthode utilisée 121
Tableau A.4 – Résultats de l'évaluation des caractéristiques de dispersion calculée 121
Tableau A.5 – Résultats de l'évaluation de la représentation des éléments diélectriques anisotropes 122
Tableau A.6 – Paramètres pour la distribution de la densité de puissance incidente de la Formule (A.4) 123
Tableau B.1 – Comparaison des méthodes expérimentales d'évaluation de la puissance rayonnée 128
Tableau H.1 – Dimensions principales du gabarit du réseau à plaques 143
Tableau H.2 – Dimensions principales du dispositif de validation 143
Tableau H.3 – Valeurs cibles pour le dispositif de validation avec la liste de codage nominale 147
Tableau H.4 – Valeurs cibles pour le dispositif de validation avec la liste de codage infinie 147

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ÉVALUATION DE LA DENSITÉ DE PUISSANCE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS RADIOFRÉQUENCES PROVENANT DE DISPOSITIFS SANS FIL À PROXIMITÉ IMMÉDIATE DE LA TÊTE ET DU CORPS (PLAGE DE FRÉQUENCES DE 6 GHz À 300 GHz) –

Partie 2: Procédure de calcul

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.

   Les normes de l'IEEE sont élaborées par les Sociétés de l'IEEE, ainsi que par les Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA). Ces normes sont l'aboutissement d'un consensus, approuvé par l'American National Standards Institute, qui rassemble des bénévoles représentant divers points de vue et intérêts. Les participants bénévoles ne sont pas nécessairement membres de l'IEEE et leur intervention n'est pas rétribuée. Si l'IEEE administre le déroulement de cette procédure et définit les règles destinées à favoriser l'équité du consensus, l'IEEE lui-même n'évalue pas, ne teste pas et ne vérifie pas l'exactitude de toute information contenue dans ses normes. L'utilisation de normes de l'IEEE est entièrement volontaire. *Les documents de l'IEEE sont disponibles à des fins d'utilisation, à condition d'être assortis d'avis importants et de clauses de non-responsabilité (voir* http://standards.ieee.org/ipr/disclaimers.html *pour de plus amples informations).*

   L'IEC travaille en étroite collaboration avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. La présente Norme internationale double logo a été développée conjointement par l'IEC et l'IEEE dans le cadre de cet accord.

2) Les décisions officielles 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. Une fois le consensus établi entre les Sociétés de l'IEEE et les Comités de coordination des normes, les décisions officielles de l'IEEE relatives aux questions techniques sont déterminées en fonction du vote exprimé par un groupe à la composition équilibrée, composé de parties intéressées qui manifestent leur intérêt pour la révision des normes proposées. L'approbation finale de la norme de l'IEEE est soumise au Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE SA).

3) Les Publications IEC/IEEE se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC/Sociétés de l'IEEE. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin de s'assurer de l'exactitude du contenu technique des Publications IEC/IEEE; l'IEC ou l'IEEE ne peuvent pas être tenus responsables 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 (y compris les Publications IEC/IEEE) dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications IEC/IEEE et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.

5) L'IEC et l'IEEE eux-mêmes ne fournissent 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 et l'IEEE ne sont responsables 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 ou à l'IEEE, 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, ou les bénévoles des Sociétés de l'IEEE et des Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA), 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 IEC/IEEE ou toute autre publication de l'IEC ou de l'IEEE, 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 fait que la mise en application de cette Publication IEC/IEEE peut requérir l'utilisation de matériels protégés par des droits de brevet. En publiant cette norme, aucun parti n'est pris concernant l'existence ou la validité de droits de brevet y afférents. Ni l'IEC ni l'IEEE ne peuvent être tenus d'identifier les revendications de brevet essentielles pour lesquelles une autorisation peut s'avérer nécessaire, d'effectuer des recherches sur la validité juridique ou l'étendue des revendications des brevets, ou de déterminer le caractère raisonnable ou non discriminatoire des termes ou conditions d'autorisation énoncés dans le cadre d'un Certificat d'assurance, lorsque la demande d'un tel certificat a été formulée, ou contenus dans tout accord d'autorisation. Les utilisateurs de cette norme sont expressément informés du fait que la détermination de la validité de tous droits de propriété industrielle, ainsi que les risques qu'implique la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

L'IEC/IEEE 63195-2 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, en coopération avec l'International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) de l'IEEE Standards Association, sous accord double logo IEC/IEEE entre l'IEC et l'IEEE. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le présent document est publié en tant que norme double logo IEC/IEEE.

La présente publication contient des fichiers supplémentaires exigés pour la vérification du code conformément à l'Annexe A. Les liens de téléchargement et les sommes de contrôle de ces fichiers peuvent être consultés à l'Annexe I.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents de l'IEC suivants:

Projet	Rapport de vote
106/564/FDIS	106/569/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2, disponibles à l'adresse www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC/IEEE 63195, publiées sous le titre général *Evaluation de la densité de puissance de l'exposition humaine aux champs radioélectriques provenant de dispositifs sans fil à proximité immédiate de la tête et du corps*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité d'études de l'IEC et le comité technique de l'IEEE ont décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il 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.

INTRODUCTION

Le présent document fournit une méthode d'évaluation de l'exposition humaine aux dispositifs sans fil à l'aide de méthodes de calcul. Le présent document a été élaboré en vue de fournir des procédures pour la modélisation et l'évaluation numériques de ces dispositifs sans fil fonctionnant à proximité de la tête, tenus à la main ou devant le visage, installés sur le corps ou intégrés dans des vêtements. Il s'applique aux émetteurs individuels, ainsi qu'aux émetteurs qui fonctionnent simultanément avec d'autres émetteurs dans un même produit. Le choix entre la méthode des différences finies dans le domaine temporel (c'est-à-dire FDTD, *Finite-Difference Time-Domain*) et la méthode des éléments finis (c'est-à-dire FEM, *Finite Element Methods*) est facultatif, mais peut être influencé par l'application. Les procédures de calcul ont l'avantage de fournir des méthodes répétables non intrusives pour déterminer l'exposition dans un objet ou à proximité d'un objet, sans nécessiter l'emploi d'équipements matériels coûteux. Les catégories de dispositifs couvertes incluent notamment les téléphones mobiles, les émetteurs radio des ordinateurs personnels, les dispositifs de bureau et les dispositifs portables, ainsi que les dispositifs multibandes et multiantennes. Le présent document spécifie:

- les exigences relatives au logiciel numérique (Article 0);
- le développement et la validation du modèle (Article 7);
- le calcul et le moyennage de la densité de puissance (Article 8);
- l'évaluation de l'incertitude (Article 9);
- les exigences relatives au rapport (Article 10).

En vue d'établir le présent document, le comité d'études 106 de l'IEC (CE 106) et le sous-comité 1 (SC 1) du comité technique 34 (TC 34) de l'International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) de l'IEEE ont formé le groupe de travail mixte 11 (JWG 11) concernant les méthodes de calcul pour l'évaluation de la densité de puissance de l'exposition humaine aux champs radioélectriques en provenance de dispositifs sans fil à proximité immédiate de la tête et du corps.

ÉVALUATION DE LA DENSITÉ DE PUISSANCE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS RADIOFRÉQUENCES PROVENANT DE DISPOSITIFS SANS FIL À PROXIMITÉ IMMÉDIATE DE LA TÊTE ET DU CORPS (PLAGE DE FRÉQUENCES DE 6 GHz À 300 GHz) –

Partie 2: Procédure de calcul

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les procédures de calcul pour des calculs conservateurs et reproductibles de la densité de puissance (PD, *Power Density*) incidente sur la tête ou le corps humain, provenant de dispositifs de transmission par champ électromagnétique (EMF, *Electromagnetic Field*) radiofréquence (RF). Les procédures de calcul décrites appliquent la méthode des différences finies dans le domaine temporel (FDTD, *Finite-Difference Time-Domain*) ou la méthode des éléments finis (FEM, *Finite Element Methods*), qui sont des techniques de calcul pouvant être utilisées pour déterminer les grandeurs électromagnétiques en résolvant les équations de Maxwell dans une incertitude de calcul spécifiée. Les procédures spécifiées dans le présent document s'appliquent à l'évaluation de l'exposition d'une vaste majorité de la population lors de l'utilisation de dispositifs qui émettent des RF tenus à la main et portés sur le corps. Les méthodes s'appliquent aux dispositifs qui peuvent comporter un ou plusieurs émetteurs ou, et qui peuvent être utilisés alors que leurs parties rayonnantes se trouvent à des distances inférieures ou égales à 200 mm de la tête ou du corps humain.

Le présent document peut être utilisé pour déterminer la conformité aux exigences en matière de densité de puissance maximale applicables de différents types de dispositifs qui émettent des RF lorsqu'ils sont utilisés à proximité immédiate de la tête et du corps, y compris s'ils sont combinés à d'autres dispositifs ou accessoires qui émettent des RF ou non (clip de ceinture, par exemple) ou s'ils sont intégrés dans des vêtements. La plage de fréquences globale applicable pour ces protocoles et procédures est comprise entre 6 GHz et 300 GHz.

Les catégories de dispositifs qui émettent des RF couvertes par le présent document incluent notamment les téléphones mobiles, les émetteurs radio des ordinateurs personnels, les dispositifs de bureau et les dispositifs portables, ainsi que les dispositifs multibandes et multiantennes.

Les procédures du présent document ne s'appliquent pas à l'évaluation de la densité de puissance des champs électromagnétiques émis ou altérés par des dispositifs ou des objets destinés à être implantés dans le corps.

NOTE Pour l'évaluation de l'exposition combinée en provenance de plusieurs émetteurs simultanés qui fonctionnent à des fréquences inférieures à 6 GHz, les normes applicables pour les calculs du DAS sont l'IEC/IEEE 62704-1:2017 et l'IEC/IEEE 62704-4:2020.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC/IEEE 62704-1:2017, *Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz – Part 1: General requirements for using the finite difference time-domain (FDTD) method for SAR calculations* (disponible en anglais seulement)

IEC/IEEE 62704-4:2020, *Détermination du débit d'absorption spécifique (DAS) maximal moyenné dans le corps humain, produit par les dispositifs de communications sans fil, 30 MHz à 6 GHz – Partie 4: Exigences générales d'utilisation de la méthode des éléments finis pour les calculs du DAS*

IEC/IEEE 63195-1:2021[1], *Evaluation de la densité de puissance de l'exposition humaine aux champs radiofréquences provenant de dispositifs sans fil à proximité immédiate de la tête et du corps (plage de fréquences de 6 GHz à 300 GHz) – Partie 1: Procédure de mesure*

IEEE Std 145, *IEEE Standard for Definitions of Terms for Antennas* (disponible en anglais seulement)

[1] A paraître.