



IEEE

IEC/IEEE 63195-2

Edition 1.0 2022-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**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.**

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 63195-1:2021¹, *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 63195-1:2021¹, *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.