



IEC 62232

Edition 1.0 2011-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Determination of RF field strength and SAR in the vicinity of
radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human
exposure**

**Détermination des champs de radiofréquences et du DAS aux environs des
stations de base utilisées pour les communications radio dans le but d'évaluer
l'exposition humaine**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XJ

ICS 13.280; 17.240

ISBN 978-2-88912-493-0

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
4 Symbols and abbreviated terms.....	17
4.1 Physical quantities	17
4.2 Constants.....	17
4.3 Abbreviations	17
5 Developing the evaluation plan.....	18
5.1 Overview	18
5.2 Key tasks	19
6 Evaluation methods	21
6.1 Overview	21
6.2 Measurement methods	22
6.2.1 Overview of measurement methods.....	22
6.2.2 RF field strength measurement.....	23
6.2.3 SAR measurement method	32
6.3 Computation methods.....	36
6.3.1 Overview and general requirements	36
6.3.2 Basic computation methods.....	38
6.3.3 Advanced computation methods	43
6.4 Extrapolation from the evaluated SAR / RF field strength to the required assessment condition.....	52
6.4.1 Extrapolation method.....	52
6.4.2 Extrapolation to maximum RF field strength using broadband measurements.....	53
6.4.3 Extrapolation to maximum RF field strength for frequency and code selective measurements	53
6.5 Summation of multiple RF fields	54
6.5.1 Applicability.....	54
6.5.2 Uncorrelated fields	54
6.5.3 Correlated fields	55
6.5.4 Ambient fields.....	55
7 Uncertainty.....	55
7.1 Background	55
7.2 Requirement to estimate uncertainty	55
7.3 How to estimate uncertainty	56
7.4 Uncertainty bounds on measurement equipment influence quantities	56
7.5 Applying uncertainty for compliance assessments	56
8 Reporting	57
8.1 Background	57
8.2 Evaluation report.....	57
8.2.1 General	57
8.2.2 Measurement data sheet	57
8.2.3 Computational data sheet.....	58
8.2.4 Final report.....	58

8.3	Interpretation of results	59
8.3.1	Comparison with limit	59
8.3.2	Comparing results	59
8.3.3	Opinions and interpretations	59
Annex A (normative)	Developing the evaluation plan	60
Annex B (normative)	Defining the source-environment plane	69
Annex C (informative)	Guidance on the application of the standard to specific evaluation purposes	78
Annex D (normative)	Evaluation parameters	84
Annex E (normative)	RF field strength measurement equipment requirements	88
Annex F (informative)	Basic computation implementation	89
Annex G (normative)	Advanced computation implementation	97
Annex H (normative)	Validation of computation methods	101
Annex I (informative)	Guidance on spatial averaging schemes	110
Annex J (informative)	Guidance on addressing time variation of signals in measurement	112
Annex K (informative)	Guidance on determining ambient field levels	113
Annex L (informative)	Guidance on comparing evaluated parameters with a limit value	117
Annex M (informative)	Guidance on assessment schemes	119
Annex N (informative)	Guidance on specific technologies	127
Annex O (informative)	Guidance on uncertainty	151
Annex P (informative)	Case studies	165
	Bibliography	175
Figure 1	– Overview of evaluation methods	21
Figure 2	– Overview of RF field strength measurement methods	22
Figure 3	– Positioning of the EUT relative to the relevant phantom	33
Figure 4	– Overview of computation methods	37
Figure 5	– Reflection due to the presence of a ground plane	39
Figure 6	– Enclosed cylinder around collinear arrays, with and without electrical downtilt	40
Figure 7	– Directions for which SAR estimation expressions are given	41
Figure 8	– Ray tracing (synthetic model) geometry and parameters	44
Figure B.1	– Source-environment plane concept	69
Figure B.2	– Geometry of an antenna with largest linear dimension L_{eff} and largest end dimension L_{end}	70
Figure B.3	– Maximum path difference for an antenna with largest linear dimension L	75
Figure B.4	– Example source-environment plane regions near a roof-top antenna which has a narrow vertical (elevation plane) beamwidth (not to scale)	77
Figure C.1	– Example of complex compliance boundary	79
Figure C.2	– Example of circular cylindrical compliance boundaries: (a) sector coverage antenna, (b) horizontally omnidirectional antenna	79
Figure C.3	– Example of parallelepipedic compliance boundary	80
Figure C.4	– Example illustrating the linear scaling procedure	80
Figure C.5	– Example investigation process	83

Figure D.1 – Cylindrical, cartesian and spherical coordinates relative to the RBS antenna	84
Figure F.1 – Reference frame employed for cylindrical formulae for field strength computation at a point P (left), and on a line perpendicular to boresight (right)	89
Figure F.2 – Two (a) and three (b) dimensional views illustrating the three valid zones for field strength computation around an antenna.....	90
Figure F.3 – Leaky feeder geometry	95
Figure H.1 – Cylindrical formulae reference results	101
Figure H.2 – Spherical formulae reference results	102
Figure H.3 – Line 4 far-field positions for ray tracing validation example	103
Figure H.4 – Antenna parameters for ray tracing algorithm validation example	104
Figure H.5 – Generic 900 MHz RBS antenna with nine dipole radiators	106
Figure H.6 – Line 1, 2 and 3 near-field positions for full wave and ray tracing validation	106
Figure H.7 – Generic 1 800 MHz RBS antenna with five slot radiators	108
Figure H.8 – RBS antenna placed in front of a multi-layered lossy cylinder	109
Figure I.1 – Spatial averaging schemes relative to foot support level	111
Figure I.2 – Spatial averaging relative to spatial-peak field strength point height.....	111
Figure K.1 – Evaluation locations	115
Figure K.2 – Relationship of separation of remote radio source and evaluation area to separation of evaluation points	116
Figure M.1 – Target uncertainty scheme overview	121
Figure M.2 – Evaluation of compliance with limit	122
Figure M.3 – Evaluation with confidence that limit is exceeded	123
Figure N.1 – Spectral occupancy for GMSK	133
Figure N.2 – Spectral occupancy for CDMA	134
Figure N.3 – Channel allocation for a WCDMA signal.....	137
Figure N.4 – Example of Wi-Fi frames.....	140
Figure N.5 – Channel occupation versus the integration time for 802.11b standard.....	140
Figure N.6 – Channel occupation versus nominal throughput rate for 802.11b/g standards.....	141
Figure N.7 – Wi-Fi spectrum trace snapshot	141
Figure N.8 – Plan view representation of statistical conservative model	143
Figure N.9 – Binomial cumulative probability function for $N = 24$, $PR = 0,125$	149
Figure N.10 – Binomial cumulative probability function for $N = 18$, $PR = 2/7$	150
Figure O.1 – Probability of the true value being above (respectively below) the evaluated value depending on the confidence level assuming a normal distribution	154
Figure O.2 – Plot of the calibration factors for E (not E^2) provided from an example calibration report for an electric field probe	156
Figure O.3 – Computational model used for the variational analysis of reflected RF fields from the front of a surveyor	161
Figure P.1 – Micro cell case study	166
Figure P.2 – Roof-top case study (a) with nearby apartment buildings (b)	167
Figure P.3 – Roof-top/tower case study (a) in residential area (b)	168
Figure P.4 – Roof-top case study with direct access to antennas	169
Figure P.5 – Roof-top case study with large antennas and no direct access.....	170

Figure P.6 – Cylindrical compliance boundary determination for dual band antenna on building.....	171
Figure P.7 – Tower case study (a) in parkland (b).....	172
Figure P.8 – Multiple towers case study (a) at sports venue (b)	173
Figure P.9 – Office building in building coverage case study.....	174
Table 1 – Checklist for the evaluation plan.....	20
Table 2 – Sample template for estimating the expanded uncertainty of a RF field strength measurement that used a frequency-selective instrument.....	30
Table 3 – Sample template for estimating the expanded uncertainty of a RF field strength measurement that used a broadband instrument	31
Table 4 – Applicability of computation methods for source-environment regions of Figure B.1.....	38
Table 5 – Applicability of SAR estimation formulae	42
Table 6 – Sample template for estimating the expanded uncertainty of a ray tracing RF field strength computation.....	46
Table 7 – Sample template for estimating the expanded uncertainty of a full wave RF field strength computation.....	49
Table 8 – Sample template for estimating the expanded uncertainty of a full wave SAR computation.....	51
Table A.1 – Measurand validity for evaluation points in each source region	62
Table A.2 – Guidance on selecting between computation and measurement approaches.....	63
Table A.3 – Selecting <i>in situ</i> or laboratory measurement from evaluation purpose and RBS category	64
Table A.4 – Guidance on selecting between broadband and frequency-selective measurement.....	65
Table A.5 – Guidance on selecting RF field strength measurement procedures	66
Table A.6 – Guidance on selecting computation methods	67
Table A.7 – Guidance on specific evaluation method ranking	68
Table B.1 – Definition of source regions.....	71
Table B.2 – Default source region boundaries.....	71
Table B.3 – Source region boundaries for antennas with maximum dimension less than $2,5 \lambda$	72
Table B.4 – Source region boundaries for linear/planar antenna arrays with a maximum dimension greater than or equal to $2,5 \lambda$	72
Table B.5 – Source region boundaries for equiphase radiation aperture (e.g. dish) antennas with maximum reflector dimension much greater than a wavelength	73
Table B.6 – Source region boundaries for leaky feeders	73
Table B.7 – Far-field distance r measured in metres as a function of angle β	75
Table D.1 – Dimension variables	85
Table D.2 – RF power variables.....	85
Table D.3 – Antenna variables	86
Table D.4 – Measurand variables.....	87
Table E.1 – Broadband measurement system requirements	88
Table E.2 – Frequency-selective measurement system requirements.....	88
Table F.1 – Definition of boundaries for selecting the zone of computation	91

Table F.2 – Definition of $C(f)$	93
Table H.1 – Input parameters for cylinder and spherical formulae validation	101
Table H.2 – Input parameters for SAR estimation formulae validation	102
Table H.3 – SAR_{10g} and SAR_{wb} estimation formulae reference results for Table H.2 parameters	102
Table H.4 – Ray tracing power density reference results	105
Table H.5 – Validation 1 full wave field reference results	107
Table H.6 – Validation 2 full wave field reference results	108
Table H.7 – Validation reference SAR results for computation method	109
Table M.1 – Examples of general assessment schemes	120
Table M.2 – Determining target uncertainty	122
Table M.3 – Monte Carlo simulation of 10 000 trials both surveyor and auditor using best estimate	125
Table M.4 – Monte Carlo simulation of 10 000 trials both surveyor and auditor using target uncertainty of 4 dB	125
Table M.5 – Monte Carlo simulation of 10 000 trials surveyor uses upper 95 % CI vs. auditor uses lower 95 % CI	126
Table N.1 – Technology specific information	128
Table N.2 – Example of spectrum analyser settings for an integration per service	135
Table N.3 – Example constant power components for specific technologies	136
Table N.4 – CDMA decoder requirements	137
Table N.5 – Signals configuration	138
Table N.6 – CDMA generator setting for power linearity	138
Table N.7 – WCDMA generator setting for decoder calibration	139
Table N.8 – CDMA generator setting for reflection coefficient measurement	139
Table O.1 – Guidance on minimum separation distances for some dipole lengths to ensure that the uncertainty does not exceed 5 % or 10 % in a measurement of E	159
Table O.2 – Guidance on minimum separation distances for some loop diameters to ensure that the uncertainty does not exceed 5 % or 10 % in a measurement of H	160
Table O.3 – Example minimum separation conditions for selected dipole lengths for 10 % uncertainty in E	160
Table O.4 – Standard estimates of dB variation for the perturbations in front of a surveyor due to body reflected fields as described in Figure O.3	162
Table O.5 – Standard uncertainty (u) estimates for E and H due to body reflections from the surveyor for common radio services derived from estimates provided in Table O.4	162

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DETERMINATION OF RF FIELD STRENGTH AND SAR IN THE VICINITY
OF RADIOCOMMUNICATION BASE STATIONS FOR THE PURPOSE
OF EVALUATING HUMAN EXPOSURE**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62232 has been prepared by IEC technical committee 106: Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure.

This publication contains attached files in the form of a CD-ROM for the paper version and embedded files for the electronic version. These files are intended to be used as a complement and do not form an integral part of the standard.

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

FDIS	Report on voting
106/221/FDIS	106/228/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

This standard addresses the evaluation of RF field strength or specific absorption rate levels in the vicinity of non-broadcast RF radiocommunication sources (i.e. RBS) intentionally radiating in the frequency range 300 MHz to 6 GHz according to the scope (see Clause 1). It does not address the evaluation of current density which exposure guidelines often do not consider to be relevant when evaluating RF fields in the intended RBS operating frequency range.

This standard defines how a suitably qualified surveyor shall select between the described evaluation methods in order to prepare specific or generic evaluation plans and how to validate their implementation. When using this standard to establish RBS compliance, the full set of limiting conditions needs to be defined. These may include for example limits on human exposure to RF fields; the likelihood that people may have access to a specific location; specific decision rules for interpretation of uncertainty. This standard does not define such limits or the associated requirements for a safety programme. Further, this standard recognises that national regulators (or the test client) may establish rules (termed “assessment schemes”) on how to interpret uncertainty when establishing compliance. However, this standard does provide guidance on how to apply the described evaluation methods consistent with such rules. Additional guidance can be found in Technical Report IEC 62669 [54]¹⁾ which includes a set of worked case studies giving practical examples of the application of this standard.

Clause 2, Clause 3 and Clause 4 address normative references, definitions and abbreviations respectively.

Clause 5, with Annex A, Annex B and Annex C, defines how to select the evaluation methods to be used and how to plan the evaluation task. The standard describes the alternative methods that may be included in the evaluation plan and defines a ranking to be applied in the event of dispute where the higher ranking evaluation takes precedence. Lower ranking evaluations are of course valid within their applicability and may be more practical to implement.

Clause 6 describes the evaluation methods to determine a measurand (SAR or RF field strength) value at a specified point. These cover both laboratory and *in situ* measurement methods for SAR and electric field strength and computation methods for SAR, power flux density, electric field strength and magnetic field strength. Annex C describes how the evaluation methods may be employed for specific purposes. Annex F and Annex G provide information on implementation of computation methods and Annex H with included referenced spread sheets provides computation validation information.

Clause 7 and Annex O address the estimation of uncertainty or the determination that the evaluated value meets a specified confidence level. Annex L and Annex M describe how to address uncertainty when determining compliance with limit values in accordance with relevant national regulatory requirements.

Clause 8 describes reporting requirements for the evaluation.

Other annexes and the bibliography are referenced extensively to provide useful clarifications or guidance.

1) Numerals in square brackets refer to the Bibliography.

DETERMINATION OF RF FIELD STRENGTH AND SAR IN THE VICINITY OF RADIOCOMMUNICATION BASE STATIONS FOR THE PURPOSE OF EVALUATING HUMAN EXPOSURE

1 Scope

This International Standard provides methods for the determination of radio-frequency (RF) field strength and specific absorption rate (SAR) in the vicinity of radiocommunication base stations (RBS) for the purpose of evaluating human exposure.

This standard:

- a) considers RBS which transmit on one or more antennas using one or more frequencies in the range 300 MHz to 6 GHz;
- b) describes several RF field strength and SAR measurement and computation methodologies with guidance on their applicability to address both the *in situ* evaluation of installed RBS and laboratory-based evaluations;
- c) describes how surveyors with a sufficient level of expertise shall establish their specific evaluation procedures appropriate for their evaluation purpose;
- d) considers the evaluation purposes, namely:
 - 1) product conformity: to establish that a RBS conforms to a defined set of limit conditions under its intended use;
 - 2) compliance boundary: to establish the compliance boundary or boundaries for a RBS in relation to a defined set of limit conditions;
 - 3) to evaluate RF field strength or SAR values at one or more evaluation locations, namely:
 - i) evaluation location(s) at arbitrary locations outside the control boundary to provide information for interested parties;
 - ii) evaluation location(s) at the control boundary to confirm validity of control boundary;
 - iii) evaluation location(s) within the control boundary with the specific conditions relevant to investigate an alleged over-exposure incident;
- e) provides guidance on how to report, interpret and compare results from different evaluation methodologies and, where the evaluation purpose requires it, determine a justified decision against a limit value;
- f) provides informative guidance on how to evaluate ambient RF field strength levels in the vicinity of a RBS from RF sources other than the RBS under evaluation and at frequencies within and outside the range 300 MHz to 6 GHz;
- g) provides short descriptions of the informative example case studies to aid the surveyor given in the companion Technical Report IEC 62669 [54].

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60215, *Safety requirements for radio transmitting equipment*

IEC 62209-1:2005, *Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)*

IEC 62209-2:2010, *Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	186
INTRODUCTION.....	188
1 Domaine d'application	189
2 Références normatives.....	190
3 Termes et définitions	190
4 Symboles et abréviations.....	196
4.1 Grandeurs physiques	196
4.2 Constantes	196
4.3 Abréviations	197
5 Elaboration du plan d'évaluation	198
5.1 Présentation générale	198
5.2 Principales tâches	198
6 Méthodes d'évaluation.....	200
6.1 Vue d'ensemble.....	200
6.2 Méthodes de mesure.....	201
6.2.1 Aperçu général des méthodes de mesure	201
6.2.2 Mesure de champs de radiofréquences	202
6.2.3 Méthode de mesure du DAS	213
6.3 Méthodes de calcul	217
6.3.1 Présentation et exigences générales	217
6.3.2 Méthodes de calculs de base.....	220
6.3.3 Méthodes de calculs avancés	224
6.4 Extrapolation des valeurs de DAS/intensité de champs RF évaluées aux conditions d'évaluation exigées	234
6.4.1 Méthode d'extrapolation	234
6.4.2 Extrapolation à une intensité maximale du champ de radiofréquences utilisant des mesures à large bande	235
6.4.3 Extrapolation à une intensité maximale du champ de radiofréquences pour des mesures sélectives en code et en fréquence	236
6.5 Sommation de champs de radiofréquences multiples.....	236
6.5.1 Applicabilité.....	236
6.5.2 Champs non corrélés.....	237
6.5.3 Champs corrélés	237
6.5.4 Champs ambiants.....	237
7 Incertitude	238
7.1 Contexte	238
7.2 Exigences de calcul de l'incertitude	238
7.3 Méthode de calcul de l'incertitude	238
7.4 Limites de l'incertitude des grandeurs d'influence de l'appareillage de mesure.....	239
7.5 Application de l'incertitude pour des évaluations de la conformité.....	239
8 Rapport	240
8.1 Contexte	240
8.2 Rapport d'évaluation	240
8.2.1 Généralités.....	240
8.2.2 Fiche technique de mesure.....	240

8.2.3	Fiche technique de calcul	240
8.2.4	Rapport final.....	241
8.3	Interprétation des résultats.....	242
8.3.1	Comparaison à la limite	242
8.3.2	Comparaison des résultats	242
8.3.3	Avis et interprétations.....	242
Annexe A (normative)	Elaboration du plan d'évaluation.....	243
Annexe B (normative)	Définition du plan source-environnement.....	253
Annexe C (informative)	Lignes directrices pour l'application de la norme à des fins d'évaluation spécifiques.....	262
Annexe D (normative)	Paramètres d'évaluation.....	269
Annexe E (normative)	Exigences relatives à l'appareillage de mesure de l'intensité des champs de radiofréquences	274
Annexe F (informative)	Application des calculs de base.....	276
Annexe G (normative)	Application de calculs avancés	285
Annexe H (normative)	Validation des méthodes de calcul	290
Annexe I (informative)	Lignes directrices relatives aux procédures de moyennage spatial.....	301
Annexe J (informative)	Recommandations pour la prise en compte des variations temporelles des signaux dans les mesures	304
Annexe K (informative)	Lignes directrices pour la détermination des niveaux de champs ambiants.....	305
Annexe L (informative)	Lignes directrices pour la comparaison de paramètres évalués avec une valeur limite	310
Annexe M (informative)	Lignes directrices relatives aux schémas d'évaluation.....	313
Annexe N (informative)	Lignes directrices relatives à des technologies spécifiques	324
Annexe O (informative)	Lignes directrices relatives à l'incertitude	351
Annexe P (informative)	Études de cas	368
	Bibliographie.....	379
	Figure 1 – Aperçu général des méthodes d'évaluation	200
	Figure 2 – Aperçu général des méthodes de mesure des champs de radiofréquences	201
	Figure 3 – Position de l'EUT par rapport au fantôme applicable	214
	Figure 4 – Aperçu général des méthodes de calcul	218
	Figure 5 – Réflexion due à la présence d'un plan de masse	221
	Figure 6 – Cylindre inscrit autour de réseaux colinéaires avec et sans angle d'inclinaison électrique vers le bas.....	222
	Figure 7 – Directions utilisées dans les expressions d'estimation du DAS	223
	Figure 8 – Géométrie et paramètres du lancer de rayons (modèle synthétique)	226
	Figure B.1 – Concept de plan source-environnement	253
	Figure B.2 – Géométrie d'une antenne ayant la dimension linéaire la plus grande (L_{eff}) et la dimension la plus grande aux extrémités (L_{end}).....	254
	Figure B.3 – Différence de trajet maximale pour une antenne ayant la plus grande dimension linéaire L	259
	Figure B.4 – Exemple de régions d'un plan source-environnement à proximité d'une antenne de toit ayant une largeur de faisceau vertical étroite (vue en élévation non à l'échelle).....	261

Figure C.1 – Exemple de frontière de conformité complexe.....	263
Figure C.2 – Exemple de frontières de conformité cylindrique circulaire: (a) antenne sectorielle, (b) antenne omnidirectionnelle à polarisation horizontale.....	263
Figure C.3 – Exemple d'une frontière de conformité parallélépipédique.....	264
Figure C.4 – Exemple illustrant la procédure d'extrapolation linéaire.....	265
Figure C.5 – Exemple de processus d'étude.....	268
Figure D.1 – Coordonnées cylindriques, cartésiennes et sphériques relatives à l'antenne de la RBS.....	269
Figure F.1 – Cadre de référence utilisé pour les formules cylindriques de calcul d'intensité de champ en un point P (à gauche) et sur une ligne perpendiculaire à l'axe de visée (à droite).....	276
Figure F.2 – Vue bi (a) et tri-dimensionnelle (b) illustrant les trois zones valables pour le calcul de l'intensité de champ autour d'une antenne.....	278
Figure F.3 – Géométrie d'un conducteur d'ondes de fuite.....	283
Figure H.1 – Résultats de référence pour des formules cylindriques.....	290
Figure H.2 – Résultats de référence pour des équations sphériques.....	291
Figure H.3 – Positions de l'axe 4 en champ lointain pour l'exemple de validation du lancer de rayons.....	293
Figure H.4 – Paramètres d'antenne pour l'exemple de validation de l'algorithme de lancer de rayons.....	294
Figure H.5 – Antenne 900 MHz de RBS générique à neuf radiateurs dipôles.....	296
Figure H.6 – Positions des axes 1, 2 et 3 en champ proche pour la validation de l'onde complète et du lancer de rayons.....	296
Figure H.7 – Antenne 1 800 MHz de RBS générique à cinq radiateurs à fentes.....	298
Figure H.8 – Antenne de RBS placée en face d'un cylindre multicouches avec pertes.....	299
Figure I.1 – Procédures de moyennage spatial au niveau d'appuis pour les pieds.....	302
Figure I.2 – Moyennage spatial relatif à une hauteur de champ d'intensité maximale.....	303
Figure K.1 – Emplacements d'évaluation.....	307
Figure K.2 – Rapport de la séparation de la source radioélectrique distante et de la zone d'évaluation à la séparation des points d'évaluation entre eux.....	308
Figure M.1 – Présentation générale du schéma de l'incertitude cible.....	316
Figure M.2 – Evaluation de la conformité à la limite.....	318
Figure M.3 – Evaluation avec confiance d'un dépassement de la limite.....	319
Figure N.1 – Occupation spectrale pour une modulation GMSK.....	330
Figure N.2 – Occupation spectrale pour une modulation AMRC.....	331
Figure N.3 – Attribution des canaux pour un signal AMRC à bande élargie.....	335
Figure N.4 – Exemple de trames WiFi.....	338
Figure N.5 – Occupation du canal en fonction du temps d'intégration pour la norme 802.11b.....	338
Figure N.6 – Occupation du canal en fonction du taux de débit nominal pour la norme 802.11b/g.....	339
Figure N.7 – Capture d'écran d'une trace de spectre WiFi.....	340
Figure N.8 – Vue en plan représentant un modèle statistique conservateur.....	342
Figure N.9 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 24$, $PR = 0,125$	349
Figure N.10 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 18$, $PR = 2/7$	350

Figure O.1 – Probabilité qu'une valeur vraie soit supérieure (respectivement inférieure) aux valeurs évaluées en fonction du niveau de confiance supposant que l'incertitude obéit à une loi normale	354
Figure O.2 – Tracé des facteurs d'étalonnage pour E (non E^2) tiré d'un exemple de rapport d'étalonnage d'une sonde de champ électrique	356
Figure O.3 – Modélisation informatique utilisée pour l'analyse des variations de champs RF réfléchis par l'avant d'un vérificateur	363
Figure P.1 – Etude d'un cas de microcellule.....	369
Figure P.2 – Etude de cas en toiture (a) avec immeubles d'appartements voisins (b).....	370
Figure P.3 – Etude de cas en toiture/sur pylône (a) dans une zone résidentielle (b).....	371
Figure P.4 – Etude de cas en toiture avec accès direct aux antennes	373
Figure P.5 – Etude de cas en toiture avec de grandes antennes et sans accès direct.....	374
Figure P.6 – Détermination de la frontière de conformité cylindrique pour une antenne bibande sur un immeuble	375
Figure P.7 – Etude de cas sur pylône (a) dans un espace vert (b)	376
Figure P.8 – Etude de cas de plusieurs pylônes (a) dans un centre sportif (b)	377
Figure P.9 – Etude de cas d'une station de base installée dans un immeuble de bureaux	378
Tableau 1 – Liste de contrôle du plan d'évaluation.....	199
Tableau 2 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour une mesure de l'intensité des champs de radiofréquences au moyen d'un instrument de mesure sélective à bande étroite	210
Tableau 3 – Exemple de modèle de calcul de l'incertitude pour une mesure de l'intensité des champs de radiofréquences au moyen d'un instrument à large bande.....	212
Tableau 4 – Applicabilité des méthodes de calcul, pour les régions source-environnement de la Figure B.1	219
Tableau 5 – Applicabilité des formules d'estimation du DAS	223
Tableau 6 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie d'un calcul d'intensité de champs de radiofréquences par lancer de rayons.....	228
Tableau 7 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un calcul de l'intensité des champs de radiofréquences utilisant la technique d'analyse par onde complète.....	231
Tableau 8 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie de calcul par onde complète du DAS	233
Tableau A.1 – Validité du mesurande pour des points d'évaluation dans chaque région-source	245
Tableau A.2 – Lignes directrices pour le choix de l'approche par calcul et de l'approche par mesure	246
Tableau A.3 – Choix de mesures sur site ou en laboratoire en fonction de l'objectif d'évaluation et de la catégorie de RBS	247
Tableau A.4 – Lignes directrices pour le choix entre mesures à large bande et mesures sélectives en fréquence	248
Tableau A.5 – Lignes directrices pour le choix des procédures de mesure d'intensité de champs de radiofréquences	249
Tableau A.6 – Lignes directrices pour le choix de méthodes de calcul	250
Tableau A.7 – Recommandations de classement de méthodes d'évaluation spécifiques	252
Tableau B.1 – Définition des régions-sources	255
Tableau B.2 – Frontières des régions-sources par défaut	255

Tableau B.3 – Frontières des régions-sources pour des antennes de dimension maximale inférieure à $2,5 \lambda$	256
Tableau B.4 – Frontières des régions-sources pour des réseaux d'antennes linéaires / planaires d'une dimension maximale supérieure ou égale à $2,5 \lambda$	256
Tableau B.5 – Frontières des régions-sources pour des antennes à ouverture de rayonnement équiphase (par exemple des antennes paraboliques) dont la dimension maximale des réflecteurs est bien plus grande qu'une longueur d'onde	257
Tableau B.6 – Frontières des régions-sources pour des conducteurs d'ondes de fuite	257
Tableau B.7 – Distance de champ lointain r (m) en fonction d'un angle β	259
Tableau D.1 – Variables dimensionnelles	270
Tableau D.2 – Variables de puissance RF	270
Tableau D.3 – Variables d'antenne	272
Tableau D.4 – Variables de mesurandes	273
Tableau E.1 – Exigences relatives au système de mesure à large bande	274
Tableau E.2 – Exigences applicables au système de mesure sélective en fréquence	275
Tableau F.1 – Définition de frontières pour le choix de la zone de calcul	278
Tableau F.2 – Définition de $C(f)$	281
Tableau H.1 – Paramètres d'entrée pour la validation des formules cylindriques et sphériques	290
Tableau H.2 – Paramètres d'entrée pour la validation des formules d'estimation du DAS	291
Tableau H.3 – Résultats de référence des formules d'estimation du DAS_{10g} et du DAS_{wb} des paramètres du Tableau H.2	292
Tableau H.4 – Résultats de référence de la densité de puissance du lancer de rayons	295
Tableau H.5 – Validation 1 – Résultats de référence de l'évaluation de champ par onde complète	297
Tableau H.6 – Validation 2 – résultats de référence de l'évaluation de champs par onde complète	298
Tableau H.7 – Résultats du DAS de référence pour la validation de la méthode de calcul	300
Tableau M.1 – Exemples de schémas d'évaluation génériques	315
Tableau M.2 – Détermination de l'incertitude cible	317
Tableau M.3 – Simulation de Monte Carlo avec 10 000 essais – le vérificateur et l'auditeur utilisant la "meilleure estimation"	321
Tableau M.4 – Simulation de Monte Carlo avec 10 000 essais – le vérificateur et l'auditeur utilisant une incertitude cible de 4 dB	322
Tableau M.5 – Simulation de Monte Carlo avec 10 000 essais – le vérificateur utilise un IC supérieur à 95 % tandis que l'auditeur utilise un IC inférieur à 95 %	322
Tableau N.1 – Informations spécifiques à la technologie	325
Tableau N.2 – Exemple de réglages d'analyseur de spectre pour une intégration par service	333
Tableau N.3 – Exemple de composantes de puissance constante pour des technologies spécifiques	333
Tableau N.4 – Exigences applicables au décodeur AMRC	335
Tableau N.5 – Configuration des signaux	336
Tableau N.6 – Réglage de la linéarité de puissance du générateur AMRC	336

Tableau N.7 – Réglage du générateur AMRC à bande élargie pour l'étalonnage du décodeur	337
Tableau N.8 – Réglage du générateur AMRC pour la mesure du coefficient de réflexion.....	337
Tableau O.1 – Distances de séparation minimales recommandées pour certaines longueurs de dipôles choisies afin de s'assurer que l'incertitude ne dépasse pas 5 % ou 10 % pour une mesure de E	361
Tableau O.2 – Distances de séparation minimales recommandées pour certains diamètres de cadres choisis afin de s'assurer que l'incertitude ne dépasse pas 5 % ou 10 % pour une mesure de H	361
Tableau O.3 – Exemple de conditions de séparation minimales pour certaines longueurs de dipôle choisies avec une incertitude de 10 % dans E	362
Tableau O.4 – Estimations normalisées de la variation en dB des perturbations en face d'un vérificateur dues aux champs réfléchis par le corps comme décrit dans la Figure O.3 .	364
Tableau O.5 – Estimations de l'incertitude-type (u) pour des intensités de champs de radiofréquences E et H dues aux réflexions du corps du vérificateur pour des services de radiodiffusion ordinaires, dérivées des estimations du Tableau O.4	364

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DÉTERMINATION DES CHAMPS DE RADIOFRÉQUENCES ET DU DAS AUX ENVIRONS DES STATIONS DE BASE UTILISÉES POUR LES COMMUNICATIONS RADIO DANS LE BUT D'ÉVALUER L'EXPOSITION HUMAINE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62232 a été établie par le comité d'études 106 de la CEI: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine.

Cette publication contient des fichiers attachés sous la forme d'un CD-ROM pour la version papier et des fichiers intégrés pour la version électronique. Ces fichiers sont destinés à être utilisés à titre complémentaire et ne font pas partie intégrante de la norme.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
106/221/FDIS	106/228/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

La présente norme traite de l'évaluation des champs de radiofréquences ou des niveaux de débits d'absorption spécifiques (DAS) au voisinage de sources de communication en radiofréquences radioélectriques non diffusées, RBS (Radio base station - station de base radioélectrique), rayonnant intentionnellement dans la gamme de fréquences de 300 MHz à 6 GHz, conformément au domaine d'application (voir l'Article 1). Elle ne couvre pas l'évaluation de la densité de courant qui est bien souvent considérée non pertinente par les recommandations relatives à l'exposition lorsqu'il s'agit d'évaluer des champs RF dans la gamme de fréquences de fonctionnement prévue des RBS.

La présente norme définit la manière dont un vérificateur qualifié doit faire un choix entre les méthodes d'évaluation décrites afin de préparer les plans d'évaluation spécifiques ou génériques et comment il doit valider leur application. Lorsque la présente norme est utilisée pour établir la conformité d'une RBS, l'ensemble des conditions de limitation doit être défini. Celles-ci peuvent comprendre par exemple, les limites d'exposition des personnes aux champs de radiofréquences, la probabilité d'accès des personnes à un lieu spécifique, les règles décisionnelles spécifiques pour l'interprétation de l'incertitude. La présente norme ne définit pas ces limites ou les exigences correspondantes pour un programme de sécurité donné. Par ailleurs, la présente norme reconnaît que des régulateurs nationaux (ou le client ayant demandé l'essai) peuvent établir des règles (appelées "schémas d'évaluation") quant à la manière d'interpréter l'incertitude pour établir la conformité. Cependant, la présente norme fournit des recommandations quant à la manière d'appliquer les méthodes d'évaluation décrites en adéquation avec lesdites règles. Des lignes directrices complémentaires peuvent être consultées dans le Rapport Technique CEI 62669 [54]¹⁾ qui comprend un ensemble d'études de cas réels donnant des exemples pratiques d'application de la présente norme.

Les Articles 2, 3 et 4 donnent respectivement les références normatives, les définitions et les abréviations.

L'Article 5 avec l'Annexe A, l'Annexe B et l'Annexe C, définissent la manière de choisir les méthodes d'évaluation à utiliser et la manière de planifier la tâche d'évaluation. La présente norme décrit différentes méthodes qui peuvent être incluses dans le plan d'évaluation et définit un classement à appliquer en cas de litige et en l'occurrence l'évaluation ayant le rang le plus élevé prévaut. Les évaluations de moindre rang sont bien entendu valables dans le cadre de leur applicabilité et peuvent être plus pratiques à mettre en œuvre.

L'Article 6 décrit les méthodes d'évaluation permettant de déterminer une valeur de mesurande (DAS ou champs de radiofréquences) en un point spécifié. Il s'agit à la fois de méthodes de mesure en laboratoire et sur site pour le DAS et le champ E ainsi que de méthodes de calcul pour le DAS, le champ S, le champ E et le champ H. L'Annexe C décrit la manière dont les méthodes d'évaluation peuvent être utilisées à des fins spécifiques. L'Annexe F et l'Annexe G fournissent des informations sur l'utilisation pratique des méthodes de calcul et l'Annexe H ainsi que les feuilles de calcul jointes en référence, fournissent des informations de validation des calculs.

L'Article 7 et l'Annexe O traitent de l'évaluation de l'incertitude des résultats ou de leur conformité à un niveau de confiance spécifié. L'Annexe L et l'Annexe M décrivent la manière de traiter l'incertitude lorsqu'il s'agit de déterminer la conformité à des valeurs limites conformes aux exigences des autorités nationales de réglementation.

L'Article 8 décrit les exigences relatives aux rapports d'évaluation.

Il est également fait référence à d'autres annexes et données bibliographiques qui donnent des clarifications ou des recommandations utiles.

1) Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

DÉTERMINATION DES CHAMPS DE RADIOFRÉQUENCES ET DU DAS AUX ENVIRONS DES STATIONS DE BASE UTILISÉES POUR LES COMMUNICATIONS RADIO DANS LE BUT D'ÉVALUER L'EXPOSITION HUMAINE

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale donne des méthodes de détermination des champs de fréquences radioélectriques (RF) et du débit d'absorption spécifique (DAS) au voisinage des stations de base de radiocommunication (RBS - radiocommunication base station) dans le but d'évaluer l'exposition humaine.

La présente norme:

- a) examine des RBS qui transmettent sur une ou plusieurs antennes dans la gamme des fréquences de 300 MHz à 6 GHz;
- b) décrit plusieurs méthodologies de mesure et de calcul de champs RF et de DAS avec des recommandations quant à leur applicabilité pour couvrir tant l'évaluation sur site des RBS installées que les évaluations en laboratoire;
- c) décrit la manière dont un vérificateur ayant des compétences suffisantes doit établir ses procédures d'évaluation propres convenant à ses objectifs d'évaluation;
- d) étudie les objectifs d'évaluation et notamment:
 - 1) la conformité du produit: de manière à établir qu'une RBS est conforme à un ensemble défini de conditions limites compte tenu de son usage prévu;
 - 2) la frontière de conformité: de manière à établir la ou les frontières de conformité d'une RBS par rapport à un ensemble défini de conditions limites;
 - 3) de manière à évaluer les valeurs de champs de radiofréquences ou de DAS en un ou plusieurs lieux d'évaluation et notamment:
 - i) un ou plusieurs lieux d'évaluation choisis arbitrairement à l'extérieur de la frontière de contrôle afin de fournir des informations aux parties concernées;
 - ii) un ou plusieurs lieux d'évaluation à la frontière de contrôle afin de confirmer la validité de cette frontière;
 - iii) un ou plusieurs lieux d'évaluation à l'intérieur de la frontière de contrôle, en appliquant les conditions spécifiques permettant d'étudier un présumé incident de surexposition;
- e) fournit des recommandations quant à la manière de rendre compte, d'interpréter et de comparer les résultats obtenus à partir de différentes méthodologies d'évaluation et, lorsque l'objectif de l'évaluation l'exige, prendre une décision justifiée en vertu d'une valeur limite donnée;
- f) fournit des recommandations et des informations quant à la manière d'évaluer des niveaux d'intensité ambiante des champs de radiofréquences au voisinage d'une RBS, à partir de sources RF autres que la RBS évaluée et à des fréquences à l'intérieur et à l'extérieur de la gamme comprise entre 300 MHz à 6 GHz;
- g) fournit, à titre informatif, de brèves descriptions d'exemples d'études de cas afin d'aider le vérificateur dans le cadre de la comparaison avec le Rapport Technique CEI 62669 [54].

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60215, *Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique*

CEI 62209-1:2005, *Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles de corps humain, instrumentation et procédures – Partie 1: Procédure de détermination du débit d'absorption spécifique (DAS) produit par les appareils tenus à la main et utilisés près de l'oreille (plage de fréquence de 300 MHz à 3 GHz)*

CEI 62209-2:2010, *Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles de corps humain, instrumentation et procédures – Partie 2: Procédure de détermination du débit d'absorption spécifique produit par les appareils de communication sans fil utilisés très près du corps humain (gamme de fréquences de 30 MHz à 6 GHz)*

ISO/CEI 17025:2005, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*