



IEEE

IEC/IEEE 62209-1528

Edition 1.0 2020-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices –
Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures
(Frequency range of 4 MHz to 10 GHz)**

**Procédure de mesure pour l'évaluation du débit d'absorption spécifique de l'exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fil tenus à la main ou portés près du corps –
Partie 1528: Modèles humains, instrumentation et procédures
(Plage de fréquences comprise entre 4 MHz et 10 GHz)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-9562-5

**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.....	14
INTRODUCTION.....	17
1 Scope.....	18
2 Normative references	18
3 Terms and definitions	18
4 Symbols and abbreviated terms.....	26
4.1 Physical quantities	26
4.2 Constants	26
4.3 Abbreviated terms.....	27
5 Quick start guide and evaluation plan checklist.....	28
6 Measurement system specifications.....	30
6.1 General requirements for full SAR testing	30
6.2 Phantom specifications	31
6.2.1 General	31
6.2.2 Basic phantom parameters	31
6.2.3 Head phantom	33
6.2.4 Flat phantom	34
6.2.5 Device-specific phantoms	35
6.3 Influence of hand on SAR in head.....	35
6.4 Scanning system requirements	36
6.5 Device holder specifications.....	36
6.6 Characteristics of the readout electronics	37
7 Protocol for SAR assessment	37
7.1 General.....	37
7.2 Measurement preparation	37
7.2.1 Preparation of tissue-equivalent medium and system check.....	37
7.2.2 Preparation of the wireless communication DUT	38
7.2.3 DUT operating mode requirements	38
7.2.4 Positioning of the DUT relative to the phantom	40
7.2.5 Antenna configurations	57
7.2.6 Options and accessories.....	57
7.2.7 DUTs with alternative form factor.....	57
7.2.8 Test frequencies for DUTs	58
7.3 Tests to be performed for DUTs	58
7.3.1 General	58
7.3.2 Basic approach for DUT testing	59
7.4 Measurement procedure	60
7.4.1 General	60
7.4.2 Full SAR testing procedure	60
7.4.3 Drift	64
7.4.4 SAR measurements of DUTs with multiple antennas or multiple transmitters	66
7.5 Post-processing of SAR measurement data	72
7.5.1 Interpolation	72
7.5.2 Extrapolation	72
7.5.3 Definition of the averaging volume.....	72

7.5.4	Searching for the maxima	73
7.6	Time-period averaged SAR considerations.....	73
7.6.1	General	73
7.6.2	RF conducted power.....	73
7.6.3	Time-period averaged SAR measurement settings for SAR measurement methods	73
7.6.4	Exposure condition and test position considerations	74
7.6.5	Time-period averaged SAR for simultaneous transmission.....	74
7.6.6	TX factor assessment	74
7.6.7	SAR measurements	75
7.6.8	Uncertainty in TPAS evaluations.....	75
7.7	Proximity sensors considerations	76
7.7.1	General	76
7.7.2	Procedures for determining proximity sensor triggering distances	77
7.7.3	Procedure for determining proximity sensor coverage area	80
7.7.4	SAR measurement procedure involving proximity sensors	81
7.8	SAR correction for deviations of complex permittivity from targets	81
7.8.1	General	81
7.8.2	SAR correction formula.....	82
7.8.3	Uncertainty of the correction formula	83
7.9	Minimization of testing time.....	83
7.9.1	General	83
7.9.2	Fast SAR testing.....	84
7.9.3	SAR test reductions	89
8	Measurement uncertainty estimation.....	100
8.1	General.....	100
8.2	Requirements on the uncertainty evaluation.....	101
8.3	Description of uncertainty models	102
8.3.1	General	102
8.3.2	SAR measurement of a DUT.....	102
8.3.3	System validation and system check measurement.....	102
8.3.4	System check repeatability and reproducibility.....	102
8.3.5	Fast SAR testing (relative measurement).....	102
8.4	Parameters contributing to uncertainty	104
8.4.1	Measurement system errors.....	104
8.4.2	Phantom and device (DUT or validation antenna) errors	105
8.4.3	Corrections to the SAR result (if applied).....	107
9	Measurement report	108
9.1	General.....	108
9.2	Items to be recorded in the measurement report	108
Annex A (normative)	SAR measurement system verification	112
A.1	Overview.....	112
A.2	System check	112
A.2.1	Purpose.....	112
A.2.2	Phantom set-up	113
A.2.3	System check antenna.....	113
A.2.4	System check antenna input power measurement.....	114
A.2.5	System check procedure.....	115
A.2.6	System check acceptance criteria.....	116

A.3	System validation.....	116
A.3.1	Purpose.....	116
A.3.2	Phantom set-up.....	116
A.3.3	System validation antennas.....	116
A.3.4	Input power measurement.....	117
A.3.5	System validation procedure.....	117
A.4	Fast SAR testing system validation and system check.....	119
A.4.1	General.....	119
A.4.2	Fast SAR testing system validation.....	119
A.4.3	Fast SAR testing system check.....	120
Annex B (informative)	SAR test reduction supporting information.....	122
B.1	General.....	122
B.2	Test reduction based on characteristics of DUT design.....	122
B.2.1	General.....	122
B.2.2	Statistical analysis overview.....	122
B.2.3	Analysis results.....	123
B.2.4	Conclusions.....	126
B.2.5	Expansion to multi-transmission antennas.....	126
B.3	Test reduction based on analysis of SAR results on other signal modulations.....	126
B.3.1	General.....	126
B.3.2	Analysis results.....	127
B.4	Test reduction based on SAR level analysis.....	128
B.4.1	General.....	128
B.4.2	Statistical analysis.....	129
B.4.3	Test reduction applicability example.....	132
B.5	Other statistical approaches to search for the high SAR test configurations.....	134
B.5.1	General.....	134
B.5.2	Test reductions based on a DOE.....	134
B.5.3	One factor at a time (OFAT) search.....	134
B.5.4	Analysis of unstructured data.....	134
Annex C (informative)	Measurement uncertainty of results obtained from specific fast SAR testing methods.....	135
C.1	General.....	135
C.2	Measurement uncertainty evaluation – contributing parameters.....	135
C.2.1	General.....	135
C.2.2	Probe calibration and system calibration drift.....	136
C.2.3	Isotropy.....	136
C.2.4	Probe positioning.....	137
C.2.5	Mutual sensor coupling.....	138
C.2.6	Scattering within the probe array.....	139
C.2.7	Sampling error.....	139
C.2.8	Array boundaries.....	139
C.2.9	Probe or probe array coupling with the DUT.....	139
C.2.10	Measurement system immunity / secondary reception.....	139
C.2.11	Deviations in phantom shape.....	140
C.2.12	Spatial variation in dielectric properties.....	140
C.2.13	Reconstruction.....	140
C.3	Uncertainty budget.....	140
Annex D (normative)	SAR system validation antennas.....	143

D.1	General antenna requirements	143
D.2	Standard dipole antenna	143
D.2.1	Mechanical description	143
D.2.2	Numerical target SAR values	146
D.3	Standard waveguide	148
D.3.1	Mechanical description	148
D.3.2	Numerical target SAR values	149
D.4	System validation antennas for below 150 MHz	149
D.4.1	General	149
D.4.2	Confined loop antenna	150
D.4.3	Meander dipole antenna	152
D.5	Orthogonal E-field source – VPIFA	153
D.5.1	Mechanical description	153
D.5.2	Numerical target SAR values	156
Annex E (normative)	Calibration and characterization of dosimetric (SAR) probes	157
E.1	Introductory remarks	157
E.2	Linearity	158
E.3	Assessment of the sensitivity of the dipole sensors	158
E.3.1	General	158
E.3.2	Two-step calibration procedures	158
E.3.3	One-step calibration procedure – reference antenna method	164
E.3.4	One-step calibration procedure – coaxial calorimeter method	168
E.4	Isotropy	170
E.4.1	Axial isotropy	170
E.4.2	Hemispherical isotropy	170
E.5	Lower detection limit	175
E.6	Boundary effect	176
E.7	Response time	176
Annex F (informative)	Example recipes for phantom tissue-equivalent media	177
F.1	General	177
F.2	Ingredients	177
F.3	Tissue-equivalent medium liquid formulas (permittivity/conductivity)	178
Annex G (normative)	Phantom specifications	180
G.1	Rationale for the phantom characteristics	180
G.1.1	General	180
G.1.2	Rationale for the SAM phantom	180
G.1.3	Rationale for the flat phantom	180
G.2	SAM phantom specifications	181
G.2.1	General SAM phantom specifications	181
G.2.2	SAM phantom shell specification	185
G.3	Flat phantom specifications	187
G.4	Justification of flat phantom dimensions	188
G.5	Rationale for tissue-equivalent media	191
G.6	Definition of a phantom coordinate system and a DUT coordinate system	193
Annex H (informative)	Measurement of the dielectric properties of tissue-equivalent media and uncertainty estimation	195
H.1	Overview	195
H.2	Measurement techniques	195
H.2.1	General	195

H.2.2	Instrumentation.....	195
H.2.3	General principles	195
H.3	Slotted coaxial transmission line	196
H.3.1	General	196
H.3.2	Equipment set-up	196
H.3.3	Measurement procedure	197
H.4	Contact coaxial probe	197
H.4.1	General	197
H.4.2	Equipment set-up	198
H.4.3	Measurement procedure	199
H.5	TEM transmission line.....	199
H.5.1	General	199
H.5.2	Equipment set-up	200
H.5.3	Measurement procedure	200
H.6	Dielectric properties of reference liquids	201
Annex I (informative)	Studies for potential hand effects on head SAR	204
I.1	Overview.....	204
I.2	Background.....	204
I.2.1	General	204
I.2.2	Hand phantoms	205
I.3	Summary of experimental studies	205
I.3.1	Experimental studies using fully compliant SAR measurement systems	205
I.3.2	Experimental studies using other SAR measurement systems	205
I.4	Summary of computational studies.....	206
I.5	Conclusions	206
Annex J (informative)	Skin enhancement factor	207
J.1	Background.....	207
J.2	Rationale	208
J.3	Simulations	208
J.4	Recommendation	209
Annex K (normative)	Application-specific phantoms	211
K.1	General.....	211
K.2	Phantom basic requirements.....	211
K.3	Examples of specific alternative phantoms	211
K.3.1	Face-down SAM phantom.....	211
K.3.2	Head-stand SAM phantom	212
K.3.3	Wrist phantom	212
K.4	Scanning and evaluation requirements.....	213
K.5	Uncertainty assessment.....	213
K.6	Reporting	213
Annex L (normative)	Fast compliance evaluations using a flat-bottom phantom with a curved corner (Uniphantom).....	214
L.1	General.....	214
L.2	Uniphantom	214
L.3	Device positions for compliance testing and definitions of handset shapes	214
L.3.1	General	214
L.3.2	Handsets with a straight form factor.....	215
L.3.3	Handsets with a clamshell form factor.....	215
L.4	Testing procedure	215

L.4.1	General	215
L.4.2	Handsets with straight form factors	215
L.4.3	Handsets with clamshell form factors	216
L.5	Uncertainty of SAR measurement results using Uniphantom	217
Annex M (informative)	Wired hands-free headset testing	218
M.1	Concept	218
M.2	Example results	219
M.3	Discussion	220
Annex N (informative)	Applying the head SAR test procedures	221
Annex O (normative)	Uncertainty analysis for measurement system manufacturers and calibration laboratories.....	224
O.1	Probe linearity and detection limits	224
O.2	Broadband signal uncertainty	225
O.3	Boundary effect.....	225
O.4	Field-probe readout electronics uncertainty.....	226
O.5	Signal step-response time uncertainty.....	226
O.6	Probe integration-time uncertainty	227
O.6.1	General	227
O.6.2	Probe integration-time uncertainty for periodic pulsed signals.....	227
O.6.3	Probe integration-time uncertainty for non-periodic signals	228
O.7	Contribution of mechanical constraints.....	228
O.7.1	Mechanical tolerances of the probe positioner (directions parallel to phantom surface).....	228
O.7.2	Probe positioning with respect to phantom shell surface	228
O.7.3	First-order approximation of exponential decay	229
O.8	Contribution of post-processing.....	229
O.8.1	General	229
O.8.2	Evaluation test functions.....	230
O.8.3	Data-processing algorithm uncertainty evaluations	232
O.9	Tissue-equivalent medium properties uncertainty	235
O.9.1	General	235
O.9.2	Medium density	235
O.9.3	Medium conductivity uncertainty	235
O.9.4	Medium permittivity uncertainty	235
O.9.5	Assessment of dielectric properties measurement uncertainties.....	235
O.9.6	Medium temperature uncertainty.....	237
Annex P (normative)	Post-processing techniques	239
P.1	Extrapolation and interpolation schemes	239
P.1.1	General	239
P.1.2	Extrapolation schemes.....	239
P.1.3	Interpolation schemes.....	239
P.2	Averaging scheme and maximum finding	239
P.2.1	Volume average schemes.....	239
P.2.2	Finding the psSAR and estimating the uncertainty	240
Annex Q (informative)	Rationale for time-period averaged SAR test procedure	241
Annex R (normative)	Measurement uncertainty analysis for testing laboratories	242
R.1	RF ambient conditions	242
R.2	Device positioning and holder uncertainties	242
R.2.1	General	242

R.2.2	Device holder perturbation uncertainty.....	243
R.2.3	DUT positioning uncertainty with a specific test device holder: Type A	244
R.3	Probe modulation response	244
R.4	Time-period averaged SAR	245
R.4.1	General	245
R.4.2	TX factor uncertainty	245
R.5	Measured SAR drift.....	246
R.5.1	General	246
R.5.2	Accounting for drift	246
R.6	SAR scaling uncertainty	247
Annex S (normative)	Validation antenna SAR measurement uncertainty	248
S.1	Deviation of experimental antennas	248
S.2	Other uncertainty contributions when using system validation antennas.....	248
Annex T (normative)	Interlaboratory comparisons	250
T.1	Purpose	250
T.2	Phantom set-up	250
T.3	Reference devices	250
T.4	Power set-up	250
T.5	Interlaboratory comparison – procedure	251
Annex U (informative)	Determination of the margin for compliance evaluation using the Uniphantom	252
U.1	General.....	252
U.2	Deviation of the psSAR measured using the Uniphantom from the psSAR measured using the SAM phantom.....	252
U.3	Determination of margin based on 95 % confidence interval.....	253
U.4	Examples of the determination of the margin factor.....	253
U.4.1	Margin for handsets with straight form factors at flat-bottom position	253
U.4.2	Margin for handsets with straight form factors (except smart phones at flat-bottom position).....	255
U.4.3	Margin for smart phones at flat-bottom position	257
U.4.4	Margin for smart phones at corner position	259
U.4.5	Margin for handsets with clamshell form factors at corner position.....	261
Annex V (informative)	Automatic input power level control for system validation	264
V.1	General.....	264
V.2	Operational mechanism of AIPLC	264
Annex W (informative)	LTE test configurations supporting information	266
W.1	General.....	266
W.2	Study 1	266
W.3	Study 2	268
W.4	Justifications of relative standard deviations	269
Bibliography	271
Figure 1	– Quick start guide	29
Figure 2	– Dimensions of the elliptical phantom	35
Figure 3	– Mounting of the DUT in the device holder using low-permittivity and low-loss foam to avoid changes of DUT performance by the holder material.....	37
Figure 4	– Designation of DUT reference points.....	41

Figure 5 – Measurements performed by shifting a large device over the efficient measurement area of the system including overlapping areas – in this case: six tests performed	42
Figure 6 – Test positions for body-worn devices	43
Figure 7 – Device with swivel antenna	44
Figure 8 – Test positions for body supported devices.....	45
Figure 9 – Test positions for desktop devices	47
Figure 10 – Test positions for front-of-face devices.....	48
Figure 11 – Test position for hand-held devices, not used at the head or torso	49
Figure 12 – Test position for limb-worn devices	49
Figure 13 – Test position for clothing-integrated wireless communication devices.....	50
Figure 14 – Possible test positions for a generic device	51
Figure 15 – Vertical and horizontal reference lines and reference points A and B on two example device types: a full touch-screen smart phone (left) and a DUT with a keypad (right)	53
Figure 16 – Cheek position of the DUT on the left side of SAM where the device position shall be maintained for the phantom test set-up.....	56
Figure 17 – Tilt position of the DUT on the left side of SAM	56
Figure 18 – An alternative form factor DUT with reference points and reference lines	57
Figure 19 – Block diagram of the tests to be performed	60
Figure 20 – Orientation of the probe with respect to the line normal to the phantom surface, for head and flat phantoms, shown at two different locations	64
Figure 21 – Measurement procedure for different types of correlated signals	72
Figure 22 – Positioning of the surfaces and edges of the DUT for determining the proximity sensor triggering distance.....	79
Figure 23 – Positioning of the edges of the DUT to determine proximity sensor triggering distance variations with the edge positioned at different angles from the perpendicular position.....	80
Figure 24 – Fast SAR Procedure A	87
Figure 25 – Fast SAR Procedure B	89
Figure 26 – Modified chart of Figure 19.....	93
Figure 27 – Use of conducted power for LTE mode selection, for Band 1 (1 920 MHz to 1 980 MHz) (MPR values are in dB).....	97
Figure 28 – Use of conducted power for LTE mode selection, for Band 17 (704 MHz to 716 MHz) (MPR values are in dB).....	98
Figure A.1 – Test set-up for the system check	114
Figure B.1 – Distribution of Tilt/Cheek.....	124
Figure B.2 – SAR relative to SAR in position with maximum SAR in GSM mode.....	128
Figure B.3 – Two points identifying the minimum distance between the position of the interpolated maximum SAR and the points at $0,6 \times SAR_{max}$	130
Figure B.4 – Histogram for D_{min} in the case of GSM 900 and iso-level at $0,6 \times SAR_{max}$	130
Figure B.5 – Histogram for random variable $Factor_{1g,1800}$	132
Figure D.1 – Mechanical details of the standard dipoles.....	145
Figure D.2 – Standard waveguide (dimensions are according to Table D.3)	148
Figure D.3 – Drawing of the CLA that corresponds to a resonant loop integrated in a metallic structure to isolate the resonant structure from the environment	150
Figure D.4 – Mechanical details of the meander dipoles for 150 MHz.....	152

Figure D.5 – VPIFA validation antenna 155

Figure D.6 – Mask for positioning VPIFAs 155

Figure E.1 – Experimental set-up for assessment of the sensitivity (conversion factor) using a vertically-oriented rectangular waveguide 162

Figure E.2 – Illustration of the antenna gain evaluation set-up 165

Figure E.3 – Schematic of the coaxial calorimeter system 169

Figure E.4 – Set-up to assess hemispherical isotropy deviation in tissue-equivalent medium 171

Figure E.5 – Alternative set-up to assess hemispherical isotropy deviation in tissue-equivalent medium 172

Figure E.6 – Experimental set-up for the hemispherical isotropy assessment 173

Figure E.7 – Conventions for dipole position (ξ) and polarization (θ) 174

Figure E.8 – Measurement of hemispherical isotropy with reference antenna 175

Figure G.1 – Illustration of dimensions in Table G.1 and Table G.2 182

Figure G.2 – Close up side view of phantom showing the ear region 184

Figure G.3 – Side view of the phantom showing relevant markings 185

Figure G.4 – Sagittally bisected phantom with extended perimeter (shown placed on its side as used for device SAR tests) 186

Figure G.5 – Picture of the phantom showing the central strip 186

Figure G.6 – Cross-sectional view of SAM at the reference plane 187

Figure G.7 – Dimensions of the flat phantom set-up used for deriving the minimal phantom dimensions for W and L for a given phantom depth D 189

Figure G.8 – FDTD predicted error in the 10 g psSAR as a function of the dimensions of the flat phantom compared with an infinite flat phantom at 800 MHz 190

Figure G.9 – Complex permittivity of human tissues compared to the phantom target properties 193

Figure G.10 – Example reference coordinate system for the left-ear ERP of the SAM phantom 194

Figure G.11 – Example coordinate system on a DUT 194

Figure H.1 – Slotted line set-up 196

Figure H.2 – An open-ended coaxial probe with inner and outer radii a and b , respectively 198

Figure H.3 – TEM line dielectric properties test set-up [85] 200

Figure J.1 – SAR and temperature increase (ΔT) distributions simulated for a three-layer (skin, fat, muscle) planar torso model 207

Figure J.2 – Statistical approach to protect 90 % of the population 209

Figure J.3 – psSAR skin enhancement factors 210

Figure K.1 – SAM face-down phantom 212

Figure K.2 – SAM head-stand phantom 212

Figure K.3 – Wrist phantom 213

Figure L.1 – Cross section of the unified phantom (Uniphantom) with its dimensions 214

Figure L.2 – Measurement positions of handsets with straight and clamshell form factors 215

Figure L.3 – Flow chart of testing procedure for handsets with straight form factors 216

Figure L.4 – Flow chart of testing procedure for handsets with clamshell form factors 217

Figure M.1 – Configuration of a personal wired hands-free headset 218

Figure M.2 – Configuration without a personal wired hands-free headset.....	219
Figure O.1 – Orientation and surface of averaging volume relative to phantom surface.....	235
Figure U.1 – Categories (classes) for comparison of the measured psSAR between the Uniphantom (SAR_{uni}) and the SAM phantom (SAR_{SAM})	252
Figure U.2 – Histogram of the deviation of the 10 g psSAR of 45 handsets with straight form factors positioned at the flat bottom of the Uniphantom.....	254
Figure U.3 – Histogram of the deviation of the 1 g psSAR of 40 handsets with straight form factors positioned at the flat bottom of the Uniphantom.....	255
Figure U.4 – Histogram of the deviation of the 10 g psSAR of 25 handsets with straight form factors positioned at the flat bottom of the Uniphantom.....	256
Figure U.5 – Histogram of the deviation of the 1 g psSAR from 20 handsets with straight form factors positioned at the flat bottom of the Uniphantom	257
Figure U.6 – Histogram of the deviation of the 10 g psSAR of 20 handsets with straight form factors or smart phones positioned at the flat bottom of the Uniphantom.....	258
Figure U.7 – Histogram of the deviation of the 1 g psSAR of 20 handsets with straight form factors or smart phones positioned at the flat bottom of the Uniphantom.....	259
Figure U.8 – Histogram of the deviation of the 10 g psSAR of 20 handsets with straight form factors or smart phones positioned at the corner of the Uniphantom	260
Figure U.9 – Histogram of the deviation of the 1 g psSAR of 19 handsets with straight form factors or smart phones positioned at the corner of the Uniphantom	261
Figure U.10 – Histogram of the deviation of the 10 g psSAR of 20 handsets with clamshell form factors at the corner of the Uniphantom.....	262
Figure U.11 – Histogram of the deviation of the 1 g psSAR of 19 handsets with clamshell form factors at the corner of the Uniphantom.....	263
Figure V.1 – Generated RF input power variations to operation time without and with application of AIPLC	264
Figure V.2 – The system block diagram of the AIPLC.....	265
Figure V.3 – Power variation characteristics by adjusting the amplifier or signal generator outputs.....	265
Figure W.1 – Low, middle, and high channels at 2 GHz band (Band 1)	267
Figure W.2 – RF conducted power versus 10 g psSAR	268
Figure W.3 – 1 g SAR as a function of RF conducted power in various test conditions	269
Table 1 – Evaluation plan checklist.....	28
Table 2 – Dielectric properties of the tissue-equivalent medium	32
Table 3 – Area scan parameters	63
Table 4 – Zoom scan parameters.....	63
Table 5 – Example method to determine the combined SAR value using Alternative 1	70
Table 6 – Root-mean-squared error SAR correction formula as a function of the maximum change in permittivity or conductivity [28].....	83
Table 7 – Threshold values $TH(f)$ used in this proposed test reduction protocol	93
Table 8 – Divisors for common probability density functions (PDFs).....	101
Table 9 – Uncertainty budget template for evaluating the uncertainty in the measured value of 1 g or 10 g psSAR from a DUT or validation antenna (N = normal, R = rectangular)	103
Table 10 – Uncertainty of Formula (8) (see 7.8.2) as a function of the maximum change in permittivity or conductivity	107
Table B.1 – The number of DUTs used for the statistical study	123

Table B.2 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for various x values	124
Table B.3 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for 1 g and 10 g psSAR	124
Table B.4 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for various antenna locations	125
Table B.5 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for various frequency bands	125
Table B.6 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for various device types	126
Table B.7 – Distance D_{\min}^* for various “iso-level” values	130
Table B.8 – Experimental thresholds to have a 95 % probability that the maximum measured SAR value from the area scan will also have a psSAR.....	132
Table B.9 – SAR values from the area scan (GSM 900 band): Example 1	133
Table B.10 – SAR values from the area scan (GSM 900 band): Example 2	133
Table C.1 – Measurement uncertainty budget for relative SAR measurements using Class 2 fast SAR testing, for tests performed within one frequency band and modulation.....	141
Table C.2 – Measurement uncertainty budget for system check using Class 2 fast SAR testing	142
Table D.1 – Mechanical dimensions of the reference dipoles	146
Table D.2 – Numerical target SAR values (W/kg) for standard dipole and flat phantom	147
Table D.3 – Mechanical dimensions of the standard waveguide	148
Table D.4 – Numerical target SAR values for waveguides.....	149
Table D.5 – Numerical target SAR values for CLAs.....	151
Table D.6 – Mechanical dimensions of the reference meander dipole	152
Table D.7 – Numerical target SAR value (W/kg) for meander dipole.....	153
Table D.8 – Dimensions for VPIFA antennas at different frequencies.....	154
Table D.9 – Electric properties for the dielectric layers for VPIFA antennas	155
Table D.10 – Numerical target SAR values for VPIFAs on the flat phantom.....	156
Table E.1 – Uncertainty analysis for transfer calibration using temperature probes	160
Table E.2 – Guidelines for designing calibration waveguides	163
Table E.3 – Uncertainty analysis of the probe calibration in waveguide.....	164
Table E.4 – Uncertainty template for evaluation of reference antenna gain	166
Table E.5 – Uncertainty template for calibration using reference antenna	167
Table E.6 – Uncertainty components for probe calibration using thermal methods	170
Table F.1 – Suggested recipes for achieving target dielectric properties, 30 MHz to 900 MHz	178
Table F.2 – Suggested recipes for achieving target dielectric properties, 1 800 MHz to 10 000 MHz	179
Table G.1 – Dimensions used in deriving SAM phantom from the ARMY 90th percentile male head data (Gordon et al. [61])	183
Table G.2 – Additional SAM dimensions compared with selected dimensions from the ARMY 90th percentile male head data (Gordon et al. [61]) – specialist head measurement section.....	183
Table G.3 – Parameters used for calculation of reference SAR values in Table D.2	190
Table H.1 – Parameters for calculating the dielectric properties of various reference liquids.....	202
Table H.2 – Dielectric properties of reference liquids at 20 °C	203
Table J.1 –psSAR correction factors	209

Table N.1 – SAR results tables for example test results in GSM 850 band	221
Table N.2 – SAR results tables for example test results in GSM 900 band	222
Table N.3 – SAR results tables for example test results in GSM 1800 band	222
Table N.4 – SAR results tables for example test results in GSM 1900 band	223
Table O.1 – Parameters for the reference function f_1 in Formula (O.12).....	231
Table O.2 – Reference SAR values from the distribution functions f_1 , f_2 , and f_3	232
Table O.3 – Example uncertainty template and example numerical values for permittivity (ϵ_r') and conductivity (σ) measurement.....	237
Table S.1 – Uncertainties relating to the deviations of the parameters of the standard waveguide from theory.....	248
Table S.2 – Other uncertainty contributions relating to the dipole antennas specified in Annex D.....	249
Table S.3 – Other uncertainty contributions relating to the standard waveguides specified in Annex D	249
Table U.1 – Summary of information to determine the margin for handsets with straight form factors positioned at the flat bottom of the Uniphantom	254
Table U.2 – Summary of information to determine the margin for handsets with straight form factors, including slide-type and bar handsets (except smart phones), positioned at the flat bottom of the Uniphantom	256
Table U.3 – Summary of information to determine the margin for the smart phones positioned at the flat bottom of the Uniphantom	258
Table U.4 – Summary of information to determine the margin for smart phones positioned at the corner of the Uniphantom	260
Table U.5 – Statistical analysis results of $P(\text{Tilt/Cheek} > x)$ for various device types	261
Table U.6 – Summary of information to determine the margin for handsets with clamshell form factors positioned at the corner of the Uniphantom.....	262
Table W.1 – Relative standard deviation of α found in Study 1 (without MPR)	267
Table W.2 – Maximum relative standard deviation of α found in Study 2 (with MPR)	269

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT PROCEDURE FOR THE ASSESSMENT OF SPECIFIC
ABSORPTION RATE OF HUMAN EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY
FIELDS FROM HAND-HELD AND BODY-MOUNTED WIRELESS
COMMUNICATION DEVICES –****Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures
(Frequency range of 4 MHz to 10 GHz)**

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.

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.

International Standard IEC/IEEE 62209-1528 has been 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 of the IEEE Standards Association, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement.

This first edition of IEC/IEEE 62209-1528 cancels and replaces IEC 62209-1:2016, IEC 62209-2:2010, IEC 62209-2:2010/AMD1:2019 and IEEE Std 1528-2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) extension of the frequency range down to 4 MHz and up to 10 GHz;
- b) testing of devices with proximity sensors;
- c) application specific phantoms;
- d) device holder specifications;
- e) fast SAR testing procedures;
- f) test reduction procedures;
- g) LTE assessment procedure;
- h) revision of validation clause, including validation antennas;
- i) revision of SAR assessment procedure;
- j) time-average SAR measurement procedure;
- k) uncertainty analysis;

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

This publication contains attached files in the form of the Fast SAR Wizard described in 7.9.2.2 as well as CAD files for the SAM phantom. These files are available at:

http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:227:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1303,25.

These files are intended to be used as a complement and do not form an integral part of the publication.

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

FDIS	Report on voting
106/514/FDIS	106/520/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.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The IEC Technical Committee and IEEE Technical Committee have 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

The objective of this document is to provide procedures for measuring the human exposure from devices intended to be used at a position near the human head or body. It was developed to provide procedures to evaluate electromagnetic field (EMF) exposures due to radio frequency (RF) transmitting devices used next to the ear, in front of the face, mounted on the body, operating in conjunction with other RF-transmitting and non-transmitting devices or accessories (e.g. belt-clips), or embedded in garments. The types of devices dealt with include but are not limited to mobile telephones, cordless telephones, cordless microphones, and radio transmitters in personal computers. The applicable frequency range is from 4 MHz to 10 GHz. The document defines:

- measurement system requirements (Clause 6),
- SAR measurement protocols (Clause 7),
- SAR measurement uncertainty evaluation (Clause 8), and
- reporting requirements (Clause 9).

At the time this document was developed, two computational and measurement joint IEC/IEEE projects dealing with millimetre-wave power density assessment were under development, covering the frequency range from 6 GHz to 300 GHz. Hence there is an overlap of frequency between this document, which deals with SAR, and the other joint IEC/IEEE projects dealing with power density from 6 GHz to 10 GHz. The IEC/IEEE joint working group was aware of this fact and believed that it would give the flexibility of using whatever metrics suitable for the considered case of compliance assessment.

MEASUREMENT PROCEDURE FOR THE ASSESSMENT OF SPECIFIC ABSORPTION RATE OF HUMAN EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY FIELDS FROM HAND-HELD AND BODY-MOUNTED WIRELESS COMMUNICATION DEVICES –

Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz)

1 Scope

This document specifies protocols and test procedures for the reproducible and repeatable measurement of the conservative exposure peak spatial average SAR (psSAR) induced inside a simplified model of the head and the body by radio-frequency (RF) transmitting devices, with a defined measurement uncertainty. These protocols and procedures apply to a significant majority of the population, including children, during the use of hand-held and body-worn wireless communication devices. These devices include single or multiple transmitters or antennas, and are operated with their radiating structure(s) at distances up to 200 mm from a human head or body. This document is employed to evaluate SAR compliance of different types of wireless communication devices used next to the ear, in front of the face, mounted on the body, operating in conjunction with other RF-transmitting, non-transmitting devices or accessories (e.g. belt-clips), or embedded in garments. The applicable frequency range is from 4 MHz to 10 GHz. Devices operating in the applicable frequency range can be tested using the phantoms and other requirements defined in this document.

The device categories covered include, but are not limited to, mobile telephones, cordless microphones, and radio transmitters in personal, desktop and laptop computers, for multi-band operations using single or multiple antennas, including push-to-talk devices. This document can also be applied for wireless power transfer devices operating above 4 MHz.

This document does not apply to implanted medical devices.

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 62209-3:2019, *Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Part 3: Vector measurement-based systems (Frequency range of 600 MHz to 6 GHz)*.

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	295
INTRODUCTION.....	298
1 Domaine d'application	299
2 Références normatives	299
3 Termes et définitions	300
4 Symboles et abréviations.....	308
4.1 Grandeurs physiques	308
4.2 Constantes	308
4.3 Abréviations.....	308
5 Guide de démarrage rapide et liste de contrôle du plan d'évaluation.....	310
6 Spécifications du système de mesure	313
6.1 Exigences générales pour les essais de DAS complet	313
6.2 Spécifications du fantôme	314
6.2.1 Généralités	314
6.2.2 Paramètres du fantôme de base	315
6.2.3 Fantôme de tête	316
6.2.4 Fantôme plan	317
6.2.5 Fantômes spécifiques au dispositif	318
6.3 Influence de la main sur le DAS dans la tête.....	318
6.4 Exigences du système de balayage	319
6.5 Spécifications du support de dispositif	319
6.6 Caractéristiques de la lecture électronique.....	320
7 Protocole pour l'évaluation du DAS.....	320
7.1 Généralités	320
7.2 Préparation des mesurages	321
7.2.1 Préparation du milieu équivalent au tissu et contrôle du système.....	321
7.2.2 Préparation du DUT de communication sans fil.....	321
7.2.3 Exigences relatives aux modes de fonctionnement du DUT	322
7.2.4 Positionnement du DUT par rapport au fantôme	324
7.2.5 Configurations de l'antenne	344
7.2.6 Options et accessoires	344
7.2.7 DUT à facteur de forme différent.....	344
7.2.8 Fréquences d'essai pour le DUT	345
7.3 Essais à effectuer pour les DUT	346
7.3.1 Généralités	346
7.3.2 Approche fondamentale des essais du DUT.....	346
7.4 Procédure de mesure.....	349
7.4.1 Généralités	349
7.4.2 Procédures d'essai complet du DAS	349
7.4.3 Dérive.....	355
7.4.4 Mesurages de DAS de DUT avec des antennes multiples ou des émetteurs multiples	356
7.5 Post-traitement de données de mesure de DAS	364
7.5.1 Interpolation	364
7.5.2 Extrapolation	364
7.5.3 Définition du volume d'intégration	364

7.5.4	Recherche des maxima	364
7.6	Considérations relatives au DAS moyenné sur une période	364
7.6.1	Généralités	364
7.6.2	Puissance conduite RF	365
7.6.3	Paramètres de mesure du DAS moyenné sur une période pour les méthodes de mesure du DAS	365
7.6.4	Considérations en matière de conditions d'exposition et de position d'essai	365
7.6.5	DAS moyenné sur une période pour les émissions simultanées	366
7.6.6	Évaluation du facteur TX	366
7.6.7	Mesurages de DAS	367
7.6.8	Incertitude dans les évaluations de TPAS	367
7.7	Considérations relatives aux capteurs de proximité	367
7.7.1	Généralités	367
7.7.2	Procédures de détermination des distances de déclenchement du capteur de proximité	369
7.7.3	Procédure de détermination de la zone de couverture du capteur de proximité	372
7.7.4	Procédures de mesure de DAS impliquant des capteurs de proximité	373
7.8	Correction de DAS pour les écarts de permittivité complexe par rapport aux cibles	374
7.8.1	Généralités	374
7.8.2	Formule de correction du DAS	374
7.8.3	Incertitude de la formule de correction	375
7.9	Réduction le plus possible de la durée d'essai	376
7.9.1	Généralités	376
7.9.2	Essai rapide de DAS	376
7.9.3	Réduction d'essai de DASs	383
8	Estimation de l'incertitude de mesure	396
8.1	Généralités	396
8.2	Exigences relatives à l'évaluation de l'incertitude	397
8.3	Description des modèles d'incertitude	397
8.3.1	Généralités	397
8.3.2	Mesurage de DAS d'un DUT	397
8.3.3	Mesurage de validation du système et de contrôle du système	398
8.3.4	Répétabilité et reproductibilité du contrôle du système	398
8.3.5	Essai rapide de DAS (mesure relative)	398
8.4	Paramètres contribuant à l'incertitude	400
8.4.1	Erreurs du système de mesure	400
8.4.2	Erreurs de fantôme et de dispositif (DUT ou antenne de validation)	401
8.4.3	Corrections du résultat de DAS (si appliqué)	404
9	Rapport de mesure	404
9.1	Généralités	404
9.2	Éléments à consigner dans le rapport de mesure	404
Annexe A (normative)	Vérification du système de mesure de DAS	409
A.1	Vue d'ensemble	409
A.2	Contrôle du système	409
A.2.1	Objet	409
A.2.2	Montage du fantôme	410
A.2.3	Antenne de contrôle du système	410

A.2.4	Mesurage de la puissance d'entrée de la source de contrôle du système.....	411
A.2.5	Procédure de contrôle du système.....	413
A.2.6	Critères d'acceptation du contrôle du système.....	413
A.3	Validation du système.....	414
A.3.1	Objet.....	414
A.3.2	Montage du fantôme.....	414
A.3.3	Antennes de validation du système.....	414
A.3.4	Mesurage de la puissance d'entrée.....	414
A.3.5	Procédure de validation du système.....	414
A.4	Validation du système et contrôle du système d'essai rapide de DAS.....	416
A.4.1	Généralités.....	416
A.4.2	Validation du système d'essai rapide de DAS.....	417
A.4.3	Contrôle du système d'essai rapide de DAS.....	418
Annexe B (informative)	Informations de support de réduction d'essai DAS.....	420
B.1	Généralités.....	420
B.2	Réduction d'essai fondée sur les caractéristiques de conception du DUT.....	420
B.2.1	Généralités.....	420
B.2.2	Vue d'ensemble de l'analyse statistique.....	420
B.2.3	Résultats d'analyse.....	421
B.2.4	Conclusions.....	424
B.2.5	Extension à la transmission à plusieurs antennes.....	425
B.3	Réduction d'essai fondée sur l'analyse des résultats de DAS sur d'autres modulations de signal.....	425
B.3.1	Généralités.....	425
B.3.2	Résultats d'analyse.....	426
B.4	Réduction d'essai fondée sur l'analyse de niveau de DAS.....	428
B.4.1	Généralités.....	428
B.4.2	Analyse statistique.....	428
B.4.3	Exemple d'applicabilité de réduction d'essai.....	432
B.5	Autres approches statistiques pour rechercher les configurations d'essai de DAS élevé.....	434
B.5.1	Généralités.....	434
B.5.2	Réductions d'essai fondées sur un plan d'expérience.....	435
B.5.3	Recherche "un facteur à la fois" (OFAT).....	435
B.5.4	Analyse de données non structurées.....	435
Annexe C (informative)	Incertitude de mesure des résultats obtenus à partir des méthodes d'essai rapide de DAS spécifiques.....	436
C.1	Généralités.....	436
C.2	Évaluation d'incertitude de mesure – paramètres de contribution.....	436
C.2.1	Généralités.....	436
C.2.2	Étalonnage de sonde et dérive d'étalonnage du système.....	437
C.2.3	Isotropie.....	438
C.2.4	Positionnement de la sonde.....	438
C.2.5	Couplage mutuel de capteur.....	439
C.2.6	Diffraction à l'intérieur du réseau de sondes.....	440
C.2.7	Erreur d'échantillonnage.....	440
C.2.8	Limites du réseau.....	440
C.2.9	Couplage de sonde ou de réseau de sonde avec le DUT.....	441
C.2.10	Immunité / réception secondaire du système de mesure.....	441

C.2.11	Écarts de forme de fantôme.....	441
C.2.12	Variation spatiale des propriétés diélectriques	441
C.2.13	Reconstruction	441
C.3	Bilan d'incertitude	442
Annexe D (normative)	Antennes de validation du système DAS	445
D.1	Exigences générales relatives aux antennes.....	445
D.2	Antenne doublet normalisée.....	445
D.2.1	Description mécanique	445
D.2.2	Valeurs de DAS numériques cibles	448
D.3	Guide d'ondes normalisé.....	450
D.3.1	Description mécanique	450
D.3.2	Valeurs de DAS numériques cibles	451
D.4	Antennes de validation du système au-dessous de 150 MHz	452
D.4.1	Généralités.....	452
D.4.2	Antenne cadre confinée	452
D.4.3	Antenne doublet en serpentín	455
D.5	Source de champ E orthogonal – VPIFA	456
D.5.1	Description mécanique	456
D.5.2	Valeurs de DAS numériques cibles	459
Annexe E (normative)	Étalonnage et caractérisation de sondes dosimétriques (DAS)	460
E.1	Remarques introductives.....	460
E.2	Linéarité	461
E.3	Évaluation de la sensibilité des capteurs-dipôles	461
E.3.1	Généralités	461
E.3.2	Procédures d'étalonnage en deux étapes	461
E.3.3	Procédures d'étalonnage en une étape – méthode de l'antenne de référence	468
E.3.4	Procédures d'étalonnage en une étape – méthode du calorimètre coaxial.....	473
E.4	Isotropie	475
E.4.1	Isotropie axiale	475
E.4.2	Isotropie hémisphérique	475
E.5	Limite inférieure de détection	482
E.6	Effet de proximité de bord	483
E.7	Temps de réponse	483
Annexe F (informative)	Exemples de formules pour les milieux équivalents aux tissus du fantôme.....	484
F.1	Généralités	484
F.2	Constituants.....	484
F.3	Formules de liquides de milieu équivalent au tissu (permittivité/conductivité).....	485
Annexe G (normative)	Spécifications du fantôme	487
G.1	Justification relative aux caractéristiques du fantôme.....	487
G.1.1	Généralités	487
G.1.2	Justification relative au fantôme SAM	487
G.1.3	Justification relative au fantôme plan	487
G.2	Spécifications relatives au fantôme SAM.....	488
G.2.1	Spécifications relatives au fantôme SAM – Généralités.....	488
G.2.2	Spécifications relatives à l'enveloppe du fantôme SAM.....	492
G.3	Spécifications relatives au fantôme plan	495

G.4	Justification relative aux dimensions du fantôme plan	496
G.5	Justification relative aux milieux équivalents aux tissus	499
G.6	Définition du système de coordonnées d'un fantôme et du système de coordonnées d'un DUT	502
Annexe H (informative) Mesurages des propriétés diélectriques des milieux équivalents aux tissus et estimation de l'incertitude		504
H.1	Vue d'ensemble	504
H.2	Techniques de mesure	504
H.2.1	Généralités	504
H.2.2	Instrumentation	504
H.2.3	Principes généraux	504
H.3	Ligne de transmission coaxiale de banc de mesure	505
H.3.1	Généralités	505
H.3.2	Montage de l'équipement	505
H.3.3	Procédure de mesure	506
H.4	Sonde coaxiale de contact	507
H.4.1	Généralités	507
H.4.2	Montage de l'équipement	507
H.4.3	Procédure de mesure	509
H.5	Ligne de transmission TEM	509
H.5.1	Généralités	509
H.5.2	Montage de l'équipement	509
H.5.3	Procédure de mesure	510
H.6	Propriétés diélectriques des liquides de référence	511
Annexe I (informative) Études des effets potentiels de la main sur le DAS de la tête		514
I.1	Vue d'ensemble	514
I.2	Contexte	515
I.2.1	Généralités	515
I.2.2	Fantômes de main	515
I.3	Récapitulatif des études expérimentales	515
I.3.1	Études expérimentales utilisant des systèmes de mesure de DAS entièrement conformes	515
I.3.2	Études expérimentales utilisant d'autres systèmes de mesure de DAS	516
I.4	Récapitulatif des études informatiques	516
I.5	Conclusions	516
Annexe J (informative) Facteur d'amplification de la peau		518
J.1	Contexte	518
J.2	Justification	519
J.3	Simulations	519
J.4	Recommandation	520
Annexe K (normative) Fantômes spécifiques à l'application		522
K.1	Généralités	522
K.2	Exigences de base relatives au fantôme	522
K.3	Exemples d'autres fantômes spécifiques	522
K.3.1	Fantôme SAM visage vers le bas	522
K.3.2	Fantôme SAM avec appui renversé sur la tête	523
K.3.3	Fantôme de poignet	524
K.4	Balayage et exigences d'évaluation	524
K.5	Évaluation d'incertitude	525

K.6	Consignation.....	525
Annexe L (normative) Évaluations rapides de la conformité à l'aide d'un fantôme à base plane avec un coin arrondi (unifantôme).....		526
L.1	Généralités	526
L.2	Unifantôme	526
L.3	Positions du dispositif pour les essais de conformité et définitions des formes de combiné	527
L.3.1	Généralités	527
L.3.2	Combinés avec facteur de forme droit.....	527
L.3.3	Combinés avec facteur de forme en coquille.....	527
L.4	Procédure d'essai	528
L.4.1	Généralités	528
L.4.2	Combinés avec facteurs de forme droits	528
L.4.3	Combinés avec facteurs de forme en coquille	529
L.5	Incertitude des résultats de mesure de DAS avec l'unifantôme	530
Annexe M (informative) Essai du kit mains libres à oreillettes avec fil		532
M.1	Concept	532
M.2	Exemples de résultats.....	533
M.3	Commentaires.....	534
Annexe N (informative) Application des procédures d'essai pour le DAS de la tête		535
Annexe O (normative) Analyse d'incertitude pour les fabricants de systèmes de mesure et les laboratoires d'étalonnage.....		538
O.1	Linéarité et limites de détection de sonde	538
O.2	Incertitude du signal à large bande	539
O.3	Effet de proximité de bord	539
O.4	Incertitude des lectures électroniques de la sonde de champ.....	541
O.5	Incertitude sur le temps de réponse à un échelon du signal	541
O.6	Incertitude de temps d'intégration de sonde	541
O.6.1	Généralités	541
O.6.2	Incertitude de temps d'intégration de sonde pour des signaux pulsés périodiques.....	541
O.6.3	Incertitude de temps d'intégration de sonde pour des signaux non périodiques.....	542
O.7	Contribution des contraintes mécaniques.....	543
O.7.1	Tolérances mécaniques du positionneur de la sonde (directions parallèles à la surface du fantôme).....	543
O.7.2	Positionnement de sonde par rapport à la surface de l'enveloppe du fantôme	543
O.7.3	Approximation de premier ordre de la décroissance exponentielle	544
O.8	Contribution du post-traitement	544
O.8.1	Généralités	544
O.8.2	Fonctions d'essai d'évaluation	545
O.8.3	Évaluations des incertitudes des algorithmes de traitement de données	547
O.9	Incertitudes des propriétés du milieu équivalent au tissu.....	550
O.9.1	Généralités	550
O.9.2	Masse volumique du milieu.....	550
O.9.3	Incertitude de conductivité du milieu	550
O.9.4	Incertitude de permittivité du milieu	551
O.9.5	Évaluation des incertitudes de mesure de propriétés diélectriques.....	551
O.9.6	Incertitude de température du milieu.....	553

Annexe P (normative) Techniques de post-traitement	554
P.1 Schémas d'extrapolation et d'interpolation	554
P.1.1 Généralités	554
P.1.2 Schémas d'extrapolation.....	554
P.1.3 Schémas d'interpolation.....	554
P.2 Schéma d'intégration et recherche du maximum	555
P.2.1 Schémas d'intégration par le volume	555
P.2.2 Recherche du psDAS et évaluation de l'incertitude.....	555
Annexe Q (informative) Justification pour la procédure d'essai de DAS moyenné sur une période	556
Annexe R (normative) Analyse de l'incertitude de mesure pour les laboratoires d'essai	557
R.1 Conditions RF ambiantes	557
R.2 Incertitudes de positionnement du dispositif et du support	557
R.2.1 Généralités	557
R.2.2 Incertitude due aux perturbations du support de dispositif	558
R.2.3 Incertitude de positionnement du DUT avec un support de dispositif d'essai spécifique: Type A	559
R.3 Réponse en modulation de la sonde	560
R.4 DAS moyenné sur une période.....	561
R.4.1 Généralités	561
R.4.2 Incertitude du facteur TX	561
R.5 Dérive de DAS mesuré.....	561
R.5.1 Généralités	561
R.5.2 Prise en compte de la dérive	562
R.6 Incertitude de mise à l'échelle du DAS	563
Annexe S (normative) Incertitude de mesure de DAS de l'antenne de validation	564
S.1 Écart des antennes expérimentales	564
S.2 Autres contributions à l'incertitude lors de l'utilisation des antennes de validation du système	565
Annexe T (normative) Comparaisons interlaboratoires	566
T.1 Objet.....	566
T.2 Montage du fantôme	566
T.3 Dispositifs de référence	566
T.4 Réglage de la puissance	566
T.5 Comparaison interlaboratoire – procédure	567
Annexe U (informative) Détermination de la marge pour l'évaluation de conformité à l'aide de l'unifantôme	568
U.1 Généralités	568
U.2 Écart du psDAS mesuré avec l'unifantôme par rapport au psDAS mesuré avec le fantôme SAM	568
U.3 Détermination de la marge selon l'intervalle de confiance de 95 %	569
U.4 Exemples de détermination du facteur de marge.....	570
U.4.1 Marge pour les combinés avec facteurs de forme droits en position sur base plane.....	570
U.4.2 Marge pour les combinés avec facteurs de forme droits en position sur fond plat (à l'exception des mobiles multifonctions en position sur base plane).....	572
U.4.3 Marge pour les mobiles multifonctions en position sur base plane	574
U.4.4 Marge pour les mobiles multifonctions en position en coin.....	576

U.4.5	Marge pour les combinés avec facteur de formes en coquille en position en coin	579
Annexe V (informative) Commande du niveau de puissance d'entrée automatique pour la validation du système.....		582
V.1	Généralités	582
V.2	Mécanisme opérationnel de l'AIPLC.....	583
Annexe W (informative) Informations de support des configurations d'essai LTE		585
W.1	Généralités	585
W.2	Étude 1.....	585
W.3	Étude 2.....	587
W.4	Justifications des écarts types relatifs.....	589
Bibliographie.....		591
Figure 1 – Guide de démarrage rapide.....		312
Figure 2 – Dimensions du fantôme elliptique.....		318
Figure 3 – Montage du DUT dans le support de dispositif à l'aide d'une mousse à faible permittivité et à faibles pertes pour éviter les variations de performances du DUT selon le matériau du support		320
Figure 4 – Désignation des points de référence du DUT		325
Figure 5 – Mesurages réalisés en déplaçant un dispositif volumineux sur la zone de mesure efficace du système incluant les zones de chevauchement – dans ce cas: six essais réalisés.....		326
Figure 6 – Positions d'essai des dispositifs portés près du corps		327
Figure 7 – Dispositif équipé d'une antenne à rotule.....		328
Figure 8 – Positions d'essai pour les appareils posés sur le corps		331
Figure 9 – Positions d'essai pour les appareils de bureau.....		332
Figure 10 – Positions d'essai pour les appareils placés devant le visage		334
Figure 11 – Position d'essai des appareils tenus à la main, mais non à proximité de la tête ou du torse.....		334
Figure 12 – Positions d'essai des appareils fixés à un membre		335
Figure 13 – Position d'essai pour les dispositifs de communication sans fil intégrés aux vêtements.....		336
Figure 14 – Positions d'essai possibles d'un appareil générique		337
Figure 15 – Lignes de référence verticale et horizontale et points de référence A et B sur deux exemples types de dispositifs: un mobile multifonction avec écran tactile complet (en haut) et un DUT à clavier (en bas).....		339
Figure 16 – Position "joue" du DUT sur le côté gauche du SAM dans laquelle le dispositif doit être maintenu pour la configuration d'essai du fantôme		343
Figure 17 – Position "incliné" du DUT sur le côté gauche du SAM.....		344
Figure 18 – DUT à facteur de forme différent avec points de référence et lignes de référence		345
Figure 19 – Schéma de principe des essais à effectuer.....		349
Figure 20 – Orientation de la sonde par rapport à la droite perpendiculaire à la surface du fantôme, pour les fantômes de la tête et les fantômes plans, à deux emplacements différents		354
Figure 21 – Procédure de mesure des différents types de signaux corrélés		363
Figure 22 – Positionnement des surfaces et des bords du DUT pour déterminer la distance de déclenchement du capteur de proximité		371

Figure 23 – Positionnement des bords du DUT pour déterminer les variations de distance de déclenchement du capteur de proximité avec le bord positionné selon différents angles par rapport à la position perpendiculaire	372
Figure 24 – Procédure A de DAS rapide	380
Figure 25 – Procédure B de DAS rapide	383
Figure 26 – Organigramme modifié de la Figure 19.....	388
Figure 27 – Utilisation de la puissance conduite pour le choix du mode LTE, pour la Bande 1 (1 920 MHz à 1 980 MHz) (les valeurs MPR sont en dB)	392
Figure 28 – Utilisation de la puissance conduite pour le choix du mode LTE, pour la Bande 17 (704 MHz à 716 MHz) (les valeurs MPR sont en dB)	393
Figure A.1 – Montage d'essai pour le contrôle du système.....	411
Figure B.1 – Distribution de "Incliné/Joue"	422
Figure B.2 – DAS par rapport au DAS en position avec le DAS maximal en mode GSM	427
Figure B.3 – Deux points identifiant la distance minimale entre la position du DAS maximal interpolé et les points à $0,6 \times DAS_{max}$	429
Figure B.4 – Histogramme pour D_{min} dans le cas de GSM 900 et d'un isoniveau à $0,6 \times DAS_{max}$	430
Figure B.5 – Histogramme pour la variable aléatoire $Facteur_{1g,1800}$	432
Figure D.1 – Informations détaillées mécaniques relatives au doublet normalisé.....	447
Figure D.2 – Guide d'ondes normalisé (dimensions conformes au Tableau D.3).....	450
Figure D.3 – Dessin de la CLA correspondant à un cadre résonant intégré dans une structure métallique pour isoler la structure résonante de l'environnement.....	453
Figure D.4 – Informations détaillées mécaniques relatives aux doublets en serpentins pour 150 MHz	455
Figure D.5 – Antenne de validation VPIFA	458
Figure D.6 – Masque de positionnement des VPIFA.....	458
Figure E.1 – Montage expérimental pour l'évaluation de la sensibilité (facteur de conversion) utilisant un guide d'ondes rectangulaire vertical	466
Figure E.2 – Représentation graphique du montage d'évaluation du gain de l'antenne	469
Figure E.3 – Schéma du système de calorimètre coaxial.....	473
Figure E.4 – Montage utilisé pour évaluer l'écart de l'isotropie hémisphérique dans le milieu équivalent au tissu.....	477
Figure E.5 – Autre montage utilisé pour évaluer l'écart de l'isotropie hémisphérique dans le milieu équivalent au tissu	478
Figure E.6 – Montage expérimental pour l'évaluation de l'isotropie hémisphérique	480
Figure E.7 – Conventions pour la position (ξ) du doublet et la polarisation (θ).....	481
Figure E.8 – Mesurage de l'isotropie hémisphérique avec l'antenne de référence	482
Figure G.1 – Représentation graphique des dimensions du Tableau G.1 et du Tableau G.2.....	489
Figure G.2 – Vue de côté rapprochée du fantôme montrant la région de l'oreille	491
Figure G.3 – Vue de côté du fantôme montrant les marquages pertinents.....	492
Figure G.4 – Bissection sagittale du fantôme avec périmètre étendu (montrée sur le côté comme lors des essais de DAS du dispositif)	493
Figure G.5 – Représentation du fantôme représentant la bande central	494
Figure G.6 – Section du SAM au niveau du plan de référence.....	495

Figure G.7 – Dimensions du montage de fantôme plan utilisé pour déduire les dimensions minimales du fantôme pour W et L pour une profondeur de fantôme donnée D	497
Figure G.8 – Erreur prévue de FDTD dans le psDAS à 10 g en fonction des dimensions du fantôme plan comparées à un fantôme plan infini à 800 MHz	498
Figure G.9 – Permittivité complexe des tissus humains comparée aux propriétés cibles du fantôme	502
Figure G.10 – Exemple de système de coordonnées de référence pour l'ERP de l'oreille gauche du fantôme SAM	503
Figure G.11 – Exemple de système de coordonnées sur un DUT	503
Figure H.1 – Montage du banc de mesure	506
Figure H.2 – Sonde coaxiale sans terminaison avec des rayons intérieur et extérieur a et b , respectivement	508
Figure H.3 – Montage d'essai diélectrique des propriétés diélectriques de ligne TEM [85]	510
Figure J.1 – Distributions du DAS et de l'échauffement (ΔT) simulées pour un modèle de torse planaire à trois couches (peau, graisse, muscle)	518
Figure J.2 – Approche statistique pour protéger 90 % de la population	520
Figure J.3 – Facteur d'amplification de la peau du psDAS	521
Figure K.1 – Fantôme SAM visage vers le bas	523
Figure K.2 – Fantôme SAM avec appui renversé sur la tête	523
Figure K.3 – Fantôme de poignet	524
Figure L.1 – Section du fantôme unifié (unifantôme) avec ses dimensions	526
Figure L.2 – Positions de mesure des combinés avec des facteurs de forme droit et en coquille	527
Figure L.3 – Organigramme de la procédure d'essai des combinés avec facteurs de formes droits	529
Figure L.4 – Organigramme de la procédure d'essai des combinés avec facteurs de formes en coquille	530
Figure M.1 – Configuration d'un kit mains libres à oreillettes avec fil	532
Figure M.2 – Configuration sans kit mains libres à oreillettes avec fil	533
Figure O.1 – Orientation et surface du volume d'intégration par rapport à la surface du fantôme	550
Figure U.1 – Catégories (classes) pour la comparaison du psDAS mesuré entre l'unifantôme (DAS_{uni}) et le fantôme SAM (DAS_{SAM})	569
Figure U.2 – Histogramme de l'écart du psDAS à 10 g de 45 combinés avec facteurs de forme droits positionnés sur la base plane de l'unifantôme	571
Figure U.3 – Histogramme de l'écart du psDAS à 1 g de 40 combinés avec facteurs de forme droits positionnés sur la base plane de l'unifantôme	572
Figure U.4 – Histogramme de l'écart du psDAS à 10 g de 25 combinés avec facteurs de forme droits positionnés sur la base plane de l'unifantôme	573
Figure U.5 – Histogramme de l'écart du psDAS à 1 g de 20 combinés avec facteurs de forme droits positionnés sur la base plane de l'unifantôme	574
Figure U.6 – Histogramme de l'écart du psDAS à 10 g de 20 combinés avec facteurs de forme droits ou de mobiles multifonctions positionnés sur la base plane de l'unifantôme	575
Figure U.7 – Histogramme de l'écart du psDAS à 1 g de 20 combinés avec facteurs de forme droits ou de mobiles multifonctions positionnés sur la base plane de l'unifantôme	576

Figure U.8 – Histogramme de l'écart du psDAS à 10 g de 20 combinés avec facteurs de forme droits ou de mobiles multifonctions positionnés au niveau du coin de l'unifantôme	577
Figure U.9 – Histogramme de l'écart du psDAS à 1 g de 19 combinés avec facteurs de forme droits ou de mobiles multifonctions positionnés au niveau du coin de l'unifantôme	578
Figure U.10 – Histogramme de l'écart du psDAS à 10 g de 20 combinés avec facteurs de forme en coquille au niveau du coin de l'unifantôme.....	580
Figure U.11 – Histogramme de l'écart du psDAS à 1 g de 19 combinés avec facteurs de forme en coquille au niveau du coin de l'unifantôme.....	581
Figure V.1 – Variations de puissance d'entrée RF générées sur le temps de fonctionnement sans et avec application de l'AIPLC	582
Figure V.2 – Schéma de principe du système de l'AIPLC	583
Figure V.3 – Caractéristiques de variation de puissance en réglant les sorties de l'amplificateur ou du générateur de signal	584
Figure W.1 – Canaux inférieur, central et supérieur au niveau de la bande de 2 GHz (Bande 1).....	587
Figure W.2 – Puissance conduite RF en fonction du psDAS à 10 g	587
Figure W.3 – DAS à 1 g en fonction de la puissance conduite RF dans différentes conditions d'essai	589
Tableau 1 – Liste de contrôle du plan d'évaluation	310
Tableau 2 – Propriétés diélectriques du milieu équivalent au tissu	315
Tableau 3 – Paramètres de balayage de surface	352
Tableau 4 – Paramètres de balayage-zoom	352
Tableau 5 – Exemple de méthode pour déterminer la valeur de DAS combiné utilisant la Variante 1	360
Tableau 6 – Formule de correction du DAS d'erreur quadratique en fonction de la variation maximale de permittivité et de conductivité [28].....	375
Tableau 7 – Valeurs de seuil $TH(f)$ utilisées dans le protocole de réduction d'essai proposé	387
Tableau 8 – Diviseurs pour les fonctions de densité de probabilité (PDF)	397
Tableau 9 – Modèle de bilan d'incertitude pour l'évaluation de l'incertitude dans la valeur mesurée du psDAS à 1 g ou 10 g à partir d'un DUT ou d'une antenne de validation (N = normal, R = rectangulaire).....	399
Tableau 10 – Incertitude de la Formule (8) (voir 7.8.2) en fonction de la variation maximale de permittivité et de conductivité	404
Tableau B.1 – Nombre de DUT utilisés pour l'étude statistique	421
Tableau B.2 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour différentes valeurs de x	422
Tableau B.3 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour un psDAS à 1 g et 10 g	423
Tableau B.4 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour différentes positions d'antenne.....	423
Tableau B.5 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour différentes bandes de fréquences.....	424
Tableau B.6 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour différents types de dispositifs	424
Tableau B.7 – Distance D_{\min}^* pour différentes valeurs de "l'isoniveau"	430

Tableau B.8 – Seuils expérimentaux pour avoir une probabilité de 95 % que la valeur de DAS maximal mesurée à partir du balayage de surface ait également un psDAS	432
Tableau B.9 – Valeur de DAS à partir du balayage de surface (bande GSM 900): Exemple 1.....	433
Tableau B.10 – Valeur de DAS à partir du balayage de surface (bande GSM 900): Exemple 2.....	434
Tableau C.1 – Bilan d’incertitude de mesure pour des mesurages de DAS relatifs à l’aide d’un essai rapide de DAS de Classe 2, pour les essais effectués dans une bande de fréquences et modulation	443
Tableau C.2 – Bilan d’incertitude de mesure pour le contrôle du système à l’aide d’un essai rapide de DAS de Classe 2	444
Tableau D.1 – Dimensions mécaniques des doublets de référence	448
Tableau D.2 – Valeurs de DAS numériques cibles (W/kg) pour un doublet normalisé et un fantôme plan.....	449
Tableau D.3 – Dimensions mécaniques du guide d’ondes normalisé	451
Tableau D.4 – Valeurs numériques cibles de DAS pour les guides d’ondes.....	452
Tableau D.5 – Valeurs numériques cibles de DAS pour les CLA	454
Tableau D.6 – Dimensions mécaniques du doublet en serpentins de référence	455
Tableau D.7 – Valeurs numériques cibles de DAS (W/kg) pour les antennes en serpentins	456
Tableau D.8 – Dimensions des antennes VPIFA à différentes fréquences.....	457
Tableau D.9 – Propriétés diélectriques des couches diélectriques des antennes VPIFA.....	459
Tableau D.10 – Valeurs de DAS numériques cibles pour les VPIFA sur le fantôme plan	459
Tableau E.1 – Analyse de l’incertitude de l’étalonnage du transfert avec des sondes de température	464
Tableau E.2 – Lignes directrices de conception de guides d’ondes d’étalonnage	467
Tableau E.3 – Analyse d’incertitude de l’étalonnage de sonde dans le guide d’ondes	468
Tableau E.4 – Modèle d’incertitude pour l’évaluation du gain de l’antenne de référence	470
Tableau E.5 – Modèle d’incertitude pour l’étalonnage à l’aide de l’antenne de référence.....	471
Tableau E.6 – Composantes d’incertitude pour l’étalonnage de sonde en utilisant des méthodes thermiques.....	475
Tableau F.1 – Formules suggérées pour obtenir les propriétés diélectriques cibles: 30 MHz à 900 MHz	485
Tableau F.2 – Formules suggérées pour obtenir les paramètres diélectriques cibles: 1 800 MHz à 10 000 MHz.....	486
Tableau G.1 – Dimensions utilisées pour déduire le fantôme SAM à partir des données de l’ARMÉE sur le 90 ^e percentile de la tête masculine (Gordon et al. [61])	490
Tableau G.2 – Dimensions SAM supplémentaires comparées aux dimensions sélectionnées à partir des données de l’ARMÉE sur le 90 ^e percentile de la tête masculine (Gordon et al. [61])– section spécifique de mesure de la tête	490
Tableau G.3 – Paramètres utilisés pour calculer les valeurs de DAS de référence du Tableau D.2	499
Tableau H .1 – Paramètres pour le calcul des propriétés diélectriques de différents liquides de référence	512
Tableau H.2 – Propriétés diélectriques de liquides de référence à 20 °C.....	513
Tableau J.1 – Facteurs de correction du psDAS.....	521
Tableau N.1 – Tableau de résultats de DAS pour des exemples de résultats d’essai dans la bande GSM 850.....	536

Tableau N.2 – Tableau de résultats de DAS pour des exemples de résultats d'essai dans la bande GSM 900.....	536
Tableau N.3 – Tableau de résultats de DAS pour des exemples de résultats d'essai dans la bande GSM 1800.....	537
Tableau N.4 – Tableau de résultats de DAS pour des exemples de résultats d'essai dans la bande GSM 1900.....	537
Tableau O.1 – Paramètres de la fonction de référence f_1 de la Formule (O.12)	546
Tableau O.2 – Valeurs de DAS de référence issues des fonctions de distribution f_1, f_2 et f_3	547
Tableau O.3 – Exemple de modèle d'incertitude et de valeurs numériques pour la mesure de la permittivité (ϵ_r') et de la conductivité (σ).....	552
Tableau S.1 – Incertitudes associées aux écarts des paramètres de la source de guide d'ondes normalisé par rapport à la théorie	564
Tableau S.2 – Autres contributions à l'incertitude associées aux antennes doublets décrites à l'Annexe D.	565
Tableau S.3 – Autres contributions à l'incertitude associées aux guides d'ondes normalisés spécifiés à l'Annexe D.....	565
Tableau U.1 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les combinés à facteurs de forme droits positionnés sur la base plane de l'unifantôme	570
Tableau U.2 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les combinés à facteurs de forme droits, y compris les combinés à glissière et les combinés à barre (à l'exception des mobiles multifonctions) positionnés sur la base plane de l'unifantôme.....	573
Tableau U.3 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les mobiles multifonctions positionnés sur la base plane de l'unifantôme	575
Tableau U.4 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les mobiles multifonctions positionnés au niveau du coin de l'unifantôme	577
Tableau U.5 – Résultats d'analyse statistique de $P(\text{Incliné/Joue} > x)$ pour différents types de dispositifs	578
Tableau U.6 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les combinés à facteurs de forme en coquille positionnés au niveau du coin de l'unifantôme	579
Tableau W.1 – Écart type relatif de α déterminé dans l'Étude 1 (sans MPR)	586
Tableau W.2 – Écart type relatif maximal de α déterminé dans l'Étude 2 (avec MPR).....	588

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURE DE MESURE POUR L'ÉVALUATION DU DÉBIT D'ABSORPTION SPÉCIFIQUE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS RADIOFRÉQUENCE PRODUITS PAR LES DISPOSITIFS DE COMMUNICATIONS SANS FIL TENUS À LA MAIN OU PORTÉS PRÈS DU CORPS –

Partie 1528: Modèles humains, instrumentation et procédures (plage de fréquences comprise entre 4 MHz et 10 GHz)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 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 collabore étroitement avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. Cette norme internationale double logo a été développée conjointement par l'IEC et l'IEEE selon les termes 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, relève entièrement de leur seule responsabilité.

La Norme internationale IEC/IEEE 62209-1528 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 de l'IEEE Standards Association, selon l'accord double logo IEC/IEEE.

Cette première édition de l'IEC/IEEE 62209-1528 annule et remplace l'IEC 62209-1:2016, IEC 62209-2:2010, IEC 62209-2:2010/AMD1:2019 et l'IEEE Std 1528-2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) extension de la plage de fréquences de 4 MHz jusqu'à 10 GHz;
- b) essai des dispositifs équipés de capteurs de proximité;
- c) fantômes spécifiques à l'application;
- d) spécification du support de dispositif;
- e) procédures d'essai de DAS rapide;
- f) procédures de réduction de l'essai;
- g) procédure d'évaluation de l'ELT;
- h) révision de l'article de validation, y compris les antennes de validation;
- i) révision de la procédure d'évaluation du DAS;
- j) procédure de mesure du DAS moyenné dans le temps;
- k) analyse de l'incertitude;

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

Cette publication contient des fichiers joints sous la forme d'un assistant DAS rapide décrit en 7.9.2.2 et de fichiers CAO pour le fantôme SAM. Ces fichiers sont disponibles à l'adresse suivante:

http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:227:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1303,25.

Ces fichiers sont destinés à être utilisés comme complément et ne font pas partie intégrante de la publication.

La présente version bilingue (2021-04) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-10.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

Le présent document a pour objet de fournir les procédures de mesure de l'exposition humaine des dispositifs destinés à être utilisés proches de la tête ou du corps. Il a été développé pour établir les procédures d'évaluation de l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM) produits par des appareils d'émission de radiofréquences (RF) utilisés proches de l'oreille, devant le visage ou sur le corps en combinaison avec d'autres dispositifs ou accessoires de transmission RF ou pas (une attache de ceinture, par exemple) ou intégrés aux vêtements. Les types de dispositifs incluent, entre autres, les téléphones mobiles, les téléphones sans fil, les micros sans fil et les émetteurs radio dans les ordinateurs personnels. La plage de fréquences applicables est comprise entre 4 MHz et 10 GHz. Le document définit:

- les exigences relatives au système de mesure (Article 6),
- les protocoles pour le mesurage du DAS (Article 7),
- l'évaluation de l'incertitude de mesure du DAS (Article 8), et
- les exigences relatives à la consignation (Article 9).

Au moment du développement du présent document, deux projets informatiques et de mesure communs IEC/IEEE traitant de l'évaluation de la densité de puissance à ondes millimétriques étaient en cours de développement et couvraient la plage de fréquences comprise entre 6 GHz et 300 GHz. De ce fait, il existe un chevauchement de fréquence entre le présent document, qui traite du DAS, et les projets communs IEC/IEEE traitant de la densité de puissance entre 6 GHz et 10 GHz. Conscient de ce fait, le groupe de travail commun IEC/IEEE a estimé que cela permettrait d'apporter une certaine souplesse quant à l'utilisation des métriques adaptées au cas considéré d'évaluation de la conformité.

PROCÉDURE DE MESURE POUR L'ÉVALUATION DU DÉBIT D'ABSORPTION SPÉCIFIQUE DE L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS RADIOFRÉQUENCE PRODUITS PAR LES DISPOSITIFS DE COMMUNICATIONS SANS FIL TENUS À LA MAIN OU PORTÉS PRÈS DU CORPS –

Partie 1528: Modèles humains, instrumentation et procédures (plage de fréquences comprise entre 4 MHz et 10 GHz)

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les protocoles et procédures d'essai pour le mesurage reproductible et répétable du DAS maximal moyenné dans l'espace (psDAS) d'exposition prudente induit à l'intérieur d'un modèle simplifié de tête et de corps humain par des dispositifs d'émission de radiofréquence (RF), avec une incertitude de mesure définie. Ces protocoles et procédures s'appliquent à une grande partie de la population, y compris les enfants, lors de l'utilisation de dispositifs de communication sans fil portatifs et portés près du corps. Ces dispositifs incluent un ou plusieurs émetteurs ou antennes, et fonctionnent en maintenant leur(s) structure(s) de rayonnement à des distances de la tête et du corps atteignant 200 mm. Il a été développé pour établir les procédures d'évaluation de l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM) produits par des appareils d'émission de radiofréquences (RF) utilisés proches de l'oreille, devant le visage ou sur le corps en combinaison avec d'autres dispositifs ou accessoires de transmission RF ou pas (une attache de ceinture, par exemple) ou intégrés aux vêtements. La plage de fréquences applicables est comprise entre 4 MHz et 10 GHz. Les dispositifs fonctionnant dans la plage de fréquences applicable peuvent être soumis à l'essai à l'aide de fantômes et d'autres exigences définies dans le présent document.

Les catégories de dispositifs couvertes incluent, entre autres, les téléphones mobiles, les micros sans fil et les émetteurs radio dans les ordinateurs personnels, les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables, pour les opérations à plusieurs bandes à l'aide d'une ou de plusieurs antennes, y compris les dispositifs à boutons-poussoirs. Le présent document peut également être appliqué pour les dispositifs de transfert de puissance sans fil fonctionnant à plus de 4 MHz.

Le présent document ne concerne pas les dispositifs médicaux implantés.

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 62209-3:2019, *Procédure de mesure pour l'évaluation du débit d'absorption spécifique de l'exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fil tenus à la main ou portés près du corps – Partie 3: Systèmes basés sur la mesure vectorielle (plage de fréquences comprise entre 600 MHz et 6 GHz).*

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