



Dear Member,

The following document is being circulated for vote at CENELEC level :

*Work Item Number* : 71142  
*CLC reference* : prEN IEC 62232:2021  
*Reference document* : IEC 62232:202X (106/550/CDV) (EQV)  
*Title* : Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure  
*Technical Body* : CLC/TC 106X  
*IEC/TC* : IEC/TC 106  
*Procedure* : Parallel Vote on CDV  
*BT decision* : -  
*Submission date* : 2021-07-02  
*Deadline* : 2021-09-24  
*doa* : dor + 3 months  
*dop* : dor + 9 months  
*dow* : dor + 36 months  
*Directive(s)* : -  
*Mandate(s)* : -  
*Supersedes* : EN 62232:2017  
*Available languages* : -  
*Document link* : -  
*(Acting) Secretary* : Mr Matthias Meier  
*Assistant Secretary* : -  
*Chairman/Convenor* : Mr Joe Wiart  
*Permanent Delegate* : -  
*c.c* : Mr Russell  
*CCMC comment* : -

**CCMC general remarks :**

- The National Committees are invited to check carefully the validity of the proposed implementation dates and Directive(s).
- Superseded documents are withdrawn at the dow of the new EN/HD or at the publication date of the new TS/TR.
- If the above project is submitted simultaneously to the IEC voting procedure in the framework of the IEC/CENELEC co-operation agreement (parallel procedure) you will receive the text of the document from the IEC Central Office. Should your vote be different in IEC and CENELEC, a detailed technical justification shall be sent to the CCMC, with copy to the IEC Central Office.
- If the above project is an amendment circulated to withdraw special national conditions and/or A-deviations from a standard the National Committees are invited to check their national situation regarding the same standard and to inform the CCMC of any change, with a copy to the Secretary of the relevant Technical Body. There is no possibility to vote through the usual online voting system.

Yours sincerely,

Standardization and Digital Solutions  
[production@cencenelec.eu](mailto:production@cencenelec.eu)  
CEN-CENELEC Management Centre  
23 Rue de la Science  
B-1040 Brussels  
Belgium



## PROJET DE COMITÉ POUR VOTE (CDV)

NUMÉRO DE PROJET: <b>IEC 62232 ED3</b>	
DATE DE DIFFUSION: <b>2021-07-23</b>	DATE DE CLÔTURE DU VOTE: <b>2021-09-24</b>
REPLACE LES DOCUMENTS: <b>106/517A/CC, 106/550/CDV</b>	

IEC TC 106 : MÉTHODES D'ÉVALUATION DES CHAMPS ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES EN RELATION AVEC L'EXPOSITION HUMAINE	
SECRÉTARIAT: Germany	SECRÉTAIRE: Mr Diego Cuartielles
INTÉRESSE ÉGALEMENT LES COMITÉS SUIVANTS: TC 9,TC 27,TC 29,TC 34,SC 62A,SC 62B,TC 69,TC 77,TC 78,TC 96,TC 100,TC 124,CISPR	NORME HORIZONTALE SUGGÉRÉE: <input type="checkbox"/> Il est demandé aux autres TC/SC de faire part, le cas échéant, de leur intérêt pour ce CDV au secrétaire
FONCTIONS CONCERNÉES: <input type="checkbox"/> ASSURANCE DE LA QUALITÉ <input type="checkbox"/> CEM <input type="checkbox"/> ENVIRONNEMENT <input type="checkbox"/> SÉCURITÉ	
<input checked="" type="checkbox"/> SOUMIS AU VOTE PARALLÈLE AU CENELEC  <b>Attention vote parallèle IEC-CENELEC</b> L'attention des Comités nationaux de l'IEC, membres du CENELEC, est attirée sur le fait que ce projet de comité pour vote (CDV) est soumis au vote parallèle. Les membres du CENELEC sont invités à voter via le système de vote en ligne du CENELEC.	<input type="checkbox"/> NON SOUMIS AU VOTE PARALLÈLE AU CENELEC

Ce document est toujours à l'étude et susceptible de modification. Il ne peut servir de référence.

Les destinataires du présent document sont invités à présenter, avec leurs observations, la notification des droits de propriété dont ils auraient éventuellement connaissance et à fournir une documentation explicative.

TITRE:

**Détermination de l'intensité de champ de radiofréquences, de la densité de puissance et du DAS à proximité des stations de base dans le but d'évaluer l'exposition humaine**

DATE DE STABILITÉ PROPOSÉE: 2023

NOTE DES RESPONSABLES DU TC/SC:

La version anglaise a été diffusée le 2021-07-02

**Droits de reproduction © 2021 Commission Electrotechnique Internationale, IEC.** Tous droits de reproduction réservés. Ce fichier électronique peut être téléchargé, copié et imprimé uniquement dans le but de préparer les positions des Comités Nationaux. Il n'est pas autorisé de copier ou de mettre en ligne ce fichier ou une version imprimée du document, ou tout extrait de celui-ci, à d'autres fins sans l'accord écrit de l'IEC.

## SOMMAIRE

1		
2		
3	AVANT-PROPOS.....	17
4	INTRODUCTION.....	19
5	1 Domaine d'application .....	20
6	2 Références normatives .....	21
7	3 Termes et définitions .....	22
8	4 Symboles et termes abrégés .....	36
9	4.1 Grandeurs physiques .....	36
10	4.2 Constantes .....	37
11	4.3 Termes abrégés.....	37
12	5 Informations sur l'utilisation du présent document.....	39
13	5.1 Guide de démarrage rapide .....	39
14	5.2 Catégories d'objectif d'évaluation RF .....	42
15	5.3 Études de cas de mise en œuvre .....	43
16	6 Processus d'évaluation pour la conformité du produit, la conformité de l'installation du	
17	produit et les évaluations de l'exposition RF sur site.....	43
18	6.1 Processus d'évaluation pour la conformité du produit.....	43
19	6.1.1 Généralités.....	43
20	6.1.2 Détermination des frontières de conformité.....	44
21	6.1.3 Définition de la frontière de conformité isosurfacique.....	44
22	6.1.4 Frontières de conformité simples .....	44
23	6.1.5 Méthode de détermination de la frontière de conformité.....	46
24	6.1.6 Incertitude .....	50
25	6.1.7 Activité de rapport de conformité du produit.....	50
26	6.2 Processus d'évaluation pour la conformité de l'installation du produit.....	51
27	6.2.1 Généralités.....	51
28	6.2.2 Procédure d'évaluation générale pour l'installation du produit.....	51
29	6.2.3 Conformité d'installation du produit en fonction de la puissance transmise	
30	maximale réelle ou de la PIRE.....	53
31	6.2.4 Collecte de données sur l'installation du produit .....	56
32	6.2.5 Processus d'évaluation simplifiée de l'installation du produit.....	56
33	6.2.6 Choix de la zone d'évaluation .....	62
34	6.2.7 Mesurages.....	64
35	6.2.8 Calculs .....	65
36	6.2.9 Incertitude .....	66
37	6.2.10 Activité de rapport de conformité de l'installation du produit.....	66
38	6.3 Processus d'évaluation ou d'évaluation de l'exposition RF sur site.....	67
39	6.3.1 Généralités.....	67
40	6.3.2 Processus de mesure sur site.....	67
41	6.3.3 Analyse du site .....	69
42	6.3.4 Évaluation du Cas A .....	69
43	6.3.5 Évaluation du Cas B .....	70
44	6.3.6 Incertitude .....	70
45	6.3.7 Rapport .....	71
46	6.4 Procédures de moyennage .....	71
47	6.4.1 Moyennage spatial.....	71

48	6.4.2	Moyennage temporel .....	71
49	7	Détermination de la méthode d'évaluation .....	72
50	7.1	Vue d'ensemble .....	72
51	7.2	Processus de détermination de la méthode d'évaluation .....	72
52	7.2.1	Généralités .....	72
53	7.2.2	Détermination des points d'évaluation par rapport au plan source- environnement.....	72
54			
55	7.2.3	Choix de l'indicateur d'exposition .....	74
56	8	Méthodes d'évaluation .....	75
57	8.1	Généralités .....	75
58	8.2	Méthodes de mesure .....	76
59	8.2.1	Généralités .....	76
60	8.2.2	Mesurage de l'intensité de champ de radiofréquences et de la densité de puissance .....	77
61			
62	8.2.3	Mesurages du DAS .....	77
63	8.3	Méthodes de calcul .....	78
64	8.4	Méthodes d'évaluation reposant sur l'approche maximale réelle .....	80
65	8.4.1	Exigences générales .....	80
66	8.4.2	Surveillance de la puissance transmise réelle ou de la PIRE .....	81
67	8.4.3	Contrôle de la puissance transmise réelle ou de la PIRE .....	82
68	8.5	Méthodes d'évaluation de l'exposition RF à plusieurs sources .....	82
69	8.5.1	Exigences générales .....	82
70	8.5.2	Champs ambiants .....	84
71	9	Incertitude .....	84
72	10	Rapport .....	85
73	10.1	Exigences générales .....	85
74	10.2	Format de rapport .....	85
75	10.3	Avis et interprétations .....	86
76	Annexe A (informative)	Plan source-environnement et recommandations pour le choix de la méthode d'évaluation.....	88
77			
78	A.1	Recommandations relatives au plan source-environnement .....	88
79	A.1.1	Généralités .....	88
80	A.1.2	Exemple de plan source-environnement .....	88
81	A.1.3	Régions sources .....	89
82	A.2	Choix entre l'approche par calcul ou l'approche de mesure .....	96
83	A.3	Choix de la méthode de mesure .....	96
84	A.3.1	Étapes du choix .....	96
85	A.3.2	Choix entre approche de mesure de l'intensité de champ, de la densité de puissance et du DAS .....	97
86			
87	A.3.3	Choix entre mesurages à large bande et mesurages sélectifs en fréquence ..	98
88	A.3.4	Choix des procédures de mesure de l'intensité des champs de radiofréquences .....	99
89			
90	A.4	Choix de la méthode de calcul .....	100
91	A.5	Considérations supplémentaires .....	102
92	A.5.1	Simplicité .....	102
93	A.5.2	Classement des méthodes d'évaluation .....	102
94	A.5.3	Appliquer plusieurs méthodes pour l'évaluation de l'exposition RF .....	102
95	Annexe B (normative)	Méthodes d'évaluation.....	103
96	B.1	Vue d'ensemble .....	103

97	B.2	Généralités .....	103
98	B.2.1	Systèmes de coordonnées et points de référence .....	103
99	B.2.2	Variables .....	104
100	B.3	Principes d'évaluation de l'exposition RF .....	107
101	B.3.1	Calcul de l'intensité de champ de radiofréquences et de la densité de	
102		puissance .....	107
103	B.3.2	Mesurage de l'intensité de champ de radiofréquences et de la densité de	
104		puissance .....	111
105	B.3.3	Moyennage spatial.....	112
106	B.3.4	Moyennage temporel .....	115
107	B.3.5	Comparaison des valeurs mesurées et des valeurs calculées .....	117
108	B.3.6	Contrôleurs RF personnels .....	117
109	B.4	Mesurage de l'intensité de champ de radiofréquences et de la densité de	
110		puissance .....	117
111	B.4.1	Applicabilité des mesurages de l'intensité de champ de radiofréquences et de	
112		la densité de puissance .....	117
113	B.4.2	Mesurages de l'exposition RF sur site .....	118
114	B.4.3	Mesurages en laboratoire de l'intensité de champ de radiofréquences et de la	
115		densité de puissance .....	129
116	B.4.4	Incertitude de mesure de l'intensité de champ de radiofréquences et de la	
117		densité de puissance .....	140
118	B.5	Mesurages du DAS .....	148
119	B.5.1	Vue d'ensemble des mesurage du DAS .....	148
120	B.5.2	Exigences de mesure du DAS.....	148
121	B.5.3	Description du mesurage du DAS .....	150
122	B.5.4	Incertitude de mesure du DAS .....	156
123	B.6	Méthodes de calculs de base .....	159
124	B.6.1	Généralités .....	159
125	B.6.2	Formules des calculs de base pour l'évaluation de l'intensité de champ de	
126		radiofréquences ou de la densité de puissance.....	159
127	B.6.3	Formules pour l'évaluation du DAS du corps entier de base et de la valeur	
128		maximale moyennée dans l'espace du DAS .....	167
129	B.6.4	Méthode d'évaluation de la frontière de conformité de base pour une BS	
130		utilisant des antennes à réflecteur parabolique .....	173
131	B.6.5	Méthode d'évaluation de la frontière de conformité de base pour les câbles	
132		RF rayonnant intentionnellement .....	176
133	B.7	Méthodes de calculs avancés .....	177
134	B.7.1	Généralités .....	177
135	B.7.2	Modèle synthétique et algorithmes de lancer de rayons .....	177
136	B.7.3	Calcul d'exposition RF par onde complète .....	185
137	B.7.4	Calcul par onde complète du DAS .....	195
138	B.8	Extrapolation à partir des valeurs évaluées aux valeurs maximales et réelles .....	201
139	B.8.1	Méthode d'extrapolation.....	201
140	B.8.2	Extrapolation à l'intensité de champ de radiofréquences ou à la densité de	
141		puissance sur site lors des mesurages à large bande .....	202
142	B.8.3	Extrapolation à la valeur maximale de l'intensité de champ de	
143		radiofréquences/densité de puissance sur site pour des mesurages sélectifs	
144		en code et en fréquence .....	202
145	B.8.4	Influence du trafic sur un réseau fonctionnant véritablement.....	203
146	B.8.5	Extrapolation pour la BS à MIMO massive et formation de faisceau .....	204
147	B.8.6	Extrapolation de l'exposition maximale avec le partage de spectre dynamique	
148		(DSS) .....	206

149	B.9	Recommandations de mise en œuvre de l'approche maximale réelle .....	206
150	B.9.1	Hypothèses d'évaluation de la PIRE réelle de la BS .....	206
151	B.9.2	Description du facteur de cycle de service technologique .....	207
152	B.9.3	Évaluation de la CDF à l'aide des études de modélisation .....	209
153	B.9.4	Évaluation de la CDF à l'aide d'études de mesure sur sites de BS	
154		opérationnels.....	210
155	B.9.5	Compteurs de surveillance de la puissance transmise réelle ou de la PIRE .	212
156	B.9.6	Configurations avec plusieurs émetteurs .....	213
157	Annexe C (informative) Lignes directrices en matière de validation des fonctions de		
158	contrôle de puissance ou de PIRE et compteur(s) de surveillance en ce qui concerne		
159	l'approche maximale réelle .....		215
160	C.1	Vue d'ensemble .....	215
161	C.2	Lignes directrices relatives à la validation des fonctions de contrôle et des	
162		compteurs de surveillance .....	215
163	C.3	Validation du compteur de surveillance de puissance ou de PIRE dans des	
164		conditions de laboratoire .....	216
165	C.3.1	Validation du compteur de surveillance de puissance ou de PIRE en mode	
166		connecté.....	216
167	C.3.2	Validation du compteur de surveillance de puissance ou de PIRE en mode	
168		OTA.....	218
169	C.3.3	Validation des fonctions de contrôle dans les conditions de laboratoire .....	222
170	C.3.4	Validation des fonctions de contrôle par des mesurages sur site .....	225
171	C.4	Rapport de validation .....	228
172	C.5	Études de cas .....	228
173	C.5.1	Étude de cas A – Validation sur site .....	228
174	C.5.2	Étude de cas B – Validation sur site .....	233
175	C.5.3	Étude de cas C – Validation sur site .....	235
176	Annexe D (informative) Justification prenant en charge les critères simplifiés d'installation		
177	du produit.....		242
178	D.1	Généralités .....	242
179	D.2	Classe E2 .....	242
180	D.3	Classe E10 .....	243
181	D.4	Classe E100 .....	244
182	D.5	Classe E+ .....	246
183	D.6	Formules simplifiées pour les antennes à ondes millimétriques utilisant la MIMO	
184		massive ou le guidage de faisceau .....	248
185	Annexe E (informative) Recommandations relatives aux technologies spécifiques .....		250
186	E.1	Vue d'ensemble des recommandations relatives aux technologies spécifiques ...	250
187	E.2	Synthèse des informations spécifiques à la technologie .....	250
188	E.3	Recommandations relatives aux réglages d'analyseurs de spectre .....	253
189	E.3.1	Vue d'ensemble des réglages d'analyseurs de spectre .....	253
190	E.3.2	Algorithmes de détection .....	253
191	E.3.3	Largeur de bande de résolution et traitement de la puissance du canal .....	254
192	E.3.4	Intégration par service .....	257
193	E.4	Signaux de puissance transmise stables .....	257
194	E.4.1	Technologies AMRT/ AMRF .....	257
195	E.4.2	Technologies AMRC à bande élargie/UMTS .....	258
196	E.4.3	Technologie OFDM.....	259
197	E.5	Mesurages et étalonnage AMRC à bande élargie au moyen d'un analyseur de	
198		domaine des codes .....	259

199	E.5.1	Mesurages AMRC à bande élargie – Généralités .....	259
200	E.5.2	Exigences applicables à l'analyseur de domaine des codes .....	260
201	E.5.3	Étalonnage .....	260
202	E.6	Mesurages WiFi .....	262
203	E.6.1	Généralités .....	262
204	E.6.2	Temps d'intégration pour des mesurages reproductibles .....	263
205	E.6.3	Occupation du canal .....	263
206	E.6.4	Autres considérations .....	264
207	E.6.5	Étapes de mesure et de configuration .....	265
208	E.6.6	Influence des couches d'application .....	266
209	E.6.7	Contrôle de puissance .....	266
210	E.7	Mesurages LTE .....	266
211	E.7.1	Vue d'ensemble .....	266
212	E.7.2	Modes de transmission LTE .....	266
213	E.7.3	Structure de trame LTE-FDD .....	268
214	E.7.4	Structure de trame LTE-TDD .....	270
215	E.7.5	Évaluation de l'exposition LTE maximale .....	272
216	E.7.6	Évaluation de l'exposition LTE instantanée .....	277
217	E.7.7	Multiplexage MIMO de la BS LTE .....	278
218	E.8	Mesurages de la BS NR .....	278
219	E.8.1	Généralités .....	278
220	E.8.2	Évaluation de l'exposition NR maximale .....	278
221	E.9	Détermination des frontières de conformité au moyen de simulations numériques des réseaux d'antennes MIMO émettant des formes d'ondes corrélées .....	288
222			
223	E.9.1	Généralités .....	288
224	E.9.2	Combinaison de champs à proximité des stations de base pour l'exposition corrélée dans le but de déterminer des frontières de conformité .....	288
225			
226	E.9.3	Simulations numériques des réseaux d'antennes MIMO dont les colonnes sont compactées .....	289
227			
228	E.9.4	Simulations numériques de réseaux d'antennes MIMO étendus .....	290
229	E.10	Antennes mMIMO .....	291
230	E.10.1	Vue d'ensemble .....	291
231	E.10.2	Approche déterministe prudente .....	291
232	E.10.3	Approche statistique prudente .....	291
233	E.10.4	Exemples d'approches .....	292
234	Annexe F (informative)	Lignes directrices pour l'évaluation de la conformité de la BS aux limites de brève exposition de l'ICNIRP-2020 .....	309
235			
236	F.1	Généralités .....	309
237	F.2	Limites de brève exposition .....	309
238	F.3	Implications des limites de brève exposition sur la modulation du signal et le cycle de service TDD .....	311
239			
240	F.4	Implications des limites de brève exposition sur l'approche maximale réelle .....	311
241	Annexe G (informative)	Incertitude .....	316
242	G.1	Contexte .....	316
243	G.2	Exigences de calcul de l'incertitude .....	316
244	G.3	Méthode de calcul de l'incertitude .....	317
245	G.4	Recommandations relative aux systèmes d'incertitude et d'évaluation .....	317
246	G.4.1	Généralités .....	317
247	G.4.2	Vue d'ensemble des systèmes d'évaluation .....	317
248	G.4.3	Exemples de systèmes d'évaluation .....	318

249	G.4.4	Systèmes d'évaluation et probabilités de conformité .....	321
250	G.5	Recommandations relative à l'incertitude .....	324
251	G.5.1	Vue d'ensemble .....	324
252	G.5.2	Incertaince de mesure et niveaux de confiance .....	325
253	G.6	Application de l'incertitude pour des évaluations de la conformité .....	326
254	G.7	Exemples de grandeurs d'influence pour des mesurages de champs .....	327
255	G.7.1	Généralités .....	327
256	G.7.2	Incertaince d'étalonnage de l'antenne de mesure ou de la sonde de champ .....	327
257	G.7.3	Réponse en fréquence de l'antenne de mesure ou de la sonde de champ ...	328
258	G.7.4	Isotropie de l'antenne de mesure ou de la sonde de champ .....	329
259	G.7.5	Réponse en fréquence de l'analyseur de spectre .....	329
260	G.7.6	Réponse en température d'une sonde de champ à large bande .....	330
261	G.7.7	Écart de linéarité d'une sonde de champ à large bande .....	330
262	G.7.8	Incertaince de désadaptation.....	330
263	G.7.9	Écart entre la source expérimentale et la source numérique .....	330
264	G.7.10	Incertaince des fluctuations de compteurs pour les signaux à variation	
265		temporelle .....	331
266	G.7.11	Incertaince due à une variation de puissance de la source RF .....	331
267	G.7.12	Incertaince due à des gradients de champ .....	331
268	G.7.13	Couplage mutuel entre l'antenne de mesure ou la sonde isotrope et un objet	332
269	G.7.14	Incertaince due à la diffusion du champ par le vérificateur .....	333
270	G.7.15	Dispositif de mesure .....	335
271	G.7.16	Champs hors de la plage de mesure.....	335
272	G.7.17	Bruit .....	336
273	G.7.18	Temps d'intégration .....	336
274	G.7.19	Chaîne de puissance .....	336
275	G.7.20	Système de positionnement.....	336
276	G.7.21	Correspondance entre la sonde et l'EUT.....	336
277	G.7.22	Écarts de puissance de sortie de l'EUT, de température et d'humidité .....	336
278	G.7.23	Perturbations liées à l'environnement .....	336
279	G.8	Exemples de grandeurs d'influence pour des calculs de l'intensité de champs de	
280		radiofréquences par les méthodes de lancer de rayons ou par onde complète ...	337
281	G.8.1	Généralités .....	337
282	G.8.2	Systèmes .....	337
283	G.8.3	Incertainces liées à la technique .....	338
284	G.8.4	Incertainces liées à l'environnement.....	338
285	G.9	Grandeurs d'influence pour les mesurages du DAS.....	339
286	G.9.1	Généralités .....	339
287	G.9.2	Post-traitement.....	339
288	G.9.3	Support de l'EUT .....	339
289	G.9.4	Positionnement de l'EUT .....	340
290	G.9.5	Incertaince de l'enveloppe de fantôme.....	342
291	G.9.6	Permittivité et conductivité du liquide pour les mesures du DAS	
292		corrigées/cibles .....	342
293	G.9.7	Mesurages de la permittivité et de la conductivité d'un liquide .....	342
294	G.9.8	Température d'un liquide .....	342
295	G.10	Grandeurs d'influence pour les calculs du DAS.....	343
296	G.11	Moyennage spatial.....	343
297	G.11.1	Généralités .....	343



298	G.11.2	Variations d'évanouissements à petite échelle .....	344
299	G.11.3	Erreur dans l'estimation de la densité de puissance moyenne locale .....	344
300	G.11.4	Description des propriétés statistiques d'environnement .....	346
301	G.11.5	Description des différentes procédures de moyennage spatial .....	346
302	G.12	Influence du corps humain sur les mesurages de l'intensité de champ de	
303		radiofréquences électrique .....	351
304	G.12.1	Simulations de l'influence du corps humain sur les mesurages fondés sur la	
305		méthode des moments (principe de l'équivalence des surfaces) .....	351
306	G.12.2	Comparaison avec les mesurages .....	353
307	G.12.3	Conclusions .....	354
308	Annexe H (informative) Recommandations relatives à la comparaison de paramètres		
309		évalués avec une valeur limite .....	355
310	H.1	Vue d'ensemble .....	355
311	H.2	Informations exigées pour comparer une valeur évaluée à une valeur limite .....	355
312	H.3	Comparaison d'une limite à un niveau de confiance donné .....	355
313	H.4	Comparaison avec la limite au moyen d'un système d'évaluation fondé sur le	
314		processus .....	356
315	Bibliographie .....		358
316			
317	Figure 1	– Guide de démarrage rapide sur le processus d'évaluation .....	41
318	Figure 2	– Exemple de frontière de conformité isosurfacique .....	44
319	Figure 3	– Exemple de frontière de conformité circulaire cylindrique .....	45
320	Figure 4	– Exemple de frontière de conformité rectangulaire .....	46
321	Figure 5	– Exemple de frontière de conformité rectangulaire tronquée .....	46
322	Figure 6	– Exemple de procédure d'extrapolation linéaire .....	47
323	Figure 7	– Exemple de forme de frontière de conformité pour les antennes de BS à faisceau	
324		orientable .....	49
325	Figure 8	– Exemple de frontière de conformité pour antenne à réflecteur .....	50
326	Figure 9	– Organigramme du processus d'évaluation de l'installation du produit .....	52
327	Figure 10	– Exemple de courbe CDF avec un niveau de puissance rayonnée normalisé et	
328		un 95 <sup>e</sup> percentile sélectionné .....	54
329	Figure 11	– Logigramme de la conformité d'installation du produit en fonction du ou des	
330		seuils de puissance transmise maximale réelle ou de PIRE .....	56
331	Figure 12	– Processus d'évaluation simplifié de la conformité utilisant les classes	
332		d'installation .....	57
333	Figure 13	– Frontière de domaine d'évaluation (ADB) carrée de taille $D_{ad}$ .....	64
334	Figure 14	– Logigramme du processus d'évaluation ou d'évaluation de l'exposition RF sur	
335		site 69 .....	
336	Figure 15	– Concept de plan source-environnement .....	73
337	Figure 16	– Logigramme des méthodes de mesure .....	77
338	Figure 17	– Logigramme des méthodes de calcul applicables .....	79
339	Figure 18	– Exemple de segments spatiaux utilisés pour surveiller et commander la BS à	
340		l'aide de mMIMO ou du guidage de faisceau .....	81
341	Figure A.1	– Exemple de régions d'un plan source-environnement à proximité d'une antenne	
342		de station de base radio sur un pylône .....	88
343	Figure A.2	– Exemple de régions d'un plan source-environnement à proximité d'une antenne	
344		en toiture avec un faisceau vertical étroit (vue en élévation non à l'échelle) .....	89

345	Figure A.3 – Géométrie d'une antenne ayant la plus grande dimension linéaire $L_{\text{eff}}$ et la	
346	dimension la plus grande aux extrémités $L_{\text{end}}$ .....	90
347	Figure A.4 – Différence de trajet maximale pour une antenne ayant la plus grande dimension	
348	linéaire $L$ .....	94
349	Figure B.1 – Systèmes de coordonnées cartésien, cylindrique et sphérique relatifs à	
350	l'antenne de BS (vue depuis le panneau arrière).....	104
351	Figure B.2 – Cas d'évaluation d'exposition RF classique.....	107
352	Figure B.3 – Réflexion due à la présence d'un plan de masse.....	109
353	Figure B.4 – Réflexions dues à la présence des parois internes du boîtier, du bitume et du	
354	sol environnants configurant une station de base enterrée.....	110
355	Figure B.5 – Représentation générale des mesurages de l'intensité de champ de	
356	radiofréquences et de la densité de puissance.....	111
357	Figure B.6 – Exemples pratiques d'installation d'équipement de mesure .....	111
358	Figure B.7 – Procédures de moyennage spatial au niveau d'appuis pour les pieds et sur le	
359	plan vertical orienté pour offrir la zone maximale dans la direction de la source à évaluer ..	113
360	Figure B.8 – Moyennage spatial relatif à une hauteur de champ d'intensité maximale.....	115
361	Figure B.9 – Emplacements d'évaluation .....	127
362	Figure B.10 – Rapport de la séparation de la source radioélectrique distante et de la zone	
363	d'évaluation avec la séparation des points d'évaluation entre eux.....	128
364	Figure B.11 – Présentation de la méthode de balayage de surface .....	132
365	Figure B.12 – Diagramme du système de mesure par antenne.....	133
366	Figure B.13 – Contrainte de rayon minimal où $a$ est le rayon minimal d'une sphère centrée	
367	sur le point de référence et qui englobe l'EUT.....	134
368	Figure B.14 – Contrainte d'espacement angulaire maximal d'échantillonnage .....	134
369	Figure B.15 – Présentation de la méthode de balayage de surface/volume .....	137
370	Figure B.16 – Diagramme d'un système type de mesure de l'EUT en champ proche.....	138
371	Figure B.17 – Exemples de positions de l'EUT par rapport au fantôme applicable.....	149
372	Figure B.18 – Volume de liquide de fantôme et volume de mesure utilisés pour les	
373	mesurages du DAS du corps entier avec un fantôme de forme parallélépipédique .....	156
374	Figure B.19 – Cadre de référence utilisé pour les formules cylindriques de calcul d'intensité	
375	de champ de radiofréquences en un point P (à gauche) et sur une ligne perpendiculaire à	
376	l'axe de visée (à droite).....	160
377	Figure B.20 – Vues représentant les trois zones valides de calcul de l'intensité de champ	
378	autour d'une antenne .....	161
379	Figure B.21 – Cylindre inscrit autour d'antennes en réseau colinéaire avec et sans	
380	inclinaison électrique vers le bas .....	163
381	Figure B.22 – Résultats de référence pour les formules cylindriques.....	166
382	Figure B.23 – Résultats de référence pour les formules sphériques .....	166
383	Figure B.24 – Directions fournies dans les expressions d'estimation du DAS .....	167
384	Figure B.25 – Description des paramètres physiques des formules d'estimation du DAS ....	169
385	Figure B.26 – Organigramme pour l'évaluation simplifiée de la frontière de conformité RF	
386	dans la ligne de visibilité d'une antenne à réflecteur parabolique .....	176
387	Figure B.27 – Géométrie d'un câble rayonnant .....	176
388	Figure B.28 – Géométrie et paramètres du modèle synthétique et des algorithmes de lancer	
389	de rayons.....	180
390	Figure B.29 – Positions de l'axe 4 en champ lointain pour l'exemple de validation du modèle	
391	synthétique et du lancer de rayons .....	183

392	Figure B.30 – Paramètres d'antenne pour l'exemple de validation du modèle synthétique et	
393	des algorithmes de lancer de rayons.....	184
394	Figure B.31 – Antenne 900 MHz de BS générique à neuf radiateurs doublets .....	192
395	Figure B.32 – Positions de l'axe 1, de l'axe 2 et de l'axe 3 en champ proche pour la	
396	validation de l'onde complète et du lancer de rayons .....	193
397	Figure B.33 – Antenne 1 800 MHz de BS générique à cinq radiateurs à fentes .....	194
398	Figure B.34 – Antenne de BS placée en face d'un cylindre multicouche avec pertes.....	200
399	Figure B.35 – Variation temporelle sur 24 h de l'exposition induite par les services	
400	GSM 1 800 MHz et les services FM normalisés à la valeur moyenne .....	204
401	Figure B.36 – Structure générique d'une trame de signal RF transmise par la station de base	208
402	Figure C.1 – Exemple de montage pour le mesurage direct du niveau de puissance d'une BS	
403	équipée d'accès connectés à accès direct .....	216
404	Figure C.2 – Exemple de montage d'essai en laboratoire pour la validation d'une fonction de	
405	contrôle de la puissance moyennée dans le temps destinée à être utilisée avec une BS 5G	223
406	Figure C.3 – Exemple de montage d'essai pour la validation d'une fonction de contrôle de la	
407	puissance moyennée dans le temps mise en œuvre dans une BS 5G .....	226
408	Figure C.4 – Montage de validation sur le site au sol (emplacement de mesure à 90 m de la	
409	BS 5G, dans une ligne de visibilité dégagée et dans la position à environ 14° directement	
410	sous l'axe de visée) .....	230
411	Figure C.5 – Montage de mesure de validation sur le site à la frontière de conformité grand	
412	public (niveau de référence) devant l'antenne mMIMO 5G (position de l'axe de visée).....	230
413	Figure C.6 – Comparaison entre le CEM mesuré moyenné dans le temps et la fonction de	
414	contrôle de puissance (données du compteur 5G).....	231
415	Figure C.7 – Adaptation de l'exposition mesurée dans le temps exprimée en pourcentage	
416	des limites ICNIRP [1], [2].....	232
417	Figure C.8 – Vue d'ensemble du site de mesure .....	234
418	Figure C.9 – Vue en plan du site de validation et du montage de mesure, situé à 60 m de la	
419	BS 5G, dans l'axe de visée .....	234
420	Figure C.10 – Puissance émise par l'antenne mMIMO (trace supérieure), mesurages de la	
421	puissance du canal (ChP) (trace du milieu) et blocs de ressources (RB) transmis (trace	
422	inférieure).....	235
423	Figure C.11 – Vue d'ensemble de la plateforme d'essai .....	236
424	Figure C.12 – Exemple de simulation de modèle synthétique de la zone d'essai.....	237
425	Figure C.13 – Exemples de profils de charge de trafic .....	238
426	Figure C.14 – Exemple d'essai dans différents segments de la zone d'essai.....	239
427	Figure C.15 – Résultats de la validation de surveillance et de l'essai de base de la phase	1239
428	Figure C.16 – Exemple de mesurages de densité de puissance et densité de puissance	
429	déduite des compteurs.....	240
430	Figure C.17 – Densité de puissance mesurée et densité de puissance déduite des compteurs	240
431	Figure C.18 – Comparaisons des deux compteurs et mesurages .....	241
432	Figure D.1 – Mesure de l'ER en fonction de la distance pour une BS ( $G = 5$ dBi,	
433	$f = 2$ 100 MHz) dont la PIRE de transmission est égale à 2 W (classe d'installation E2) et	
434	10 W (classe d'installation E10) .....	243
435	Figure D.2 – Hauteur minimale d'installation en fonction de la puissance de transmission	
436	correspondant à la classe d'installation E10.....	244
437	Figure D.3 – Distance de conformité dans le lobe principal en fonction de la PIRE établie	
438	conformément à la formule de champ lointain correspondant à la classe d'installation E10	244
439	Figure D.4 – Hauteur minimale d'installation en fonction de la puissance de transmission	
440	correspondant à la classe d'installation E100.....	245

441	Figure D.5 – Densité de puissance moyennée au niveau du sol pour différentes configurations d'installation de l'équipement avec une PIRE de 100 W (classe d'installation E100) .....	246
444	Figure D.6 – Distance de conformité dans le lobe principal $D_m$ en fonction de la PIRE établie conformément à la formule de champ lointain correspondant à la classe d'installation E+ ...	247
446	Figure D.7 – Hauteur minimale d'installation $H_m$ en fonction de la PIRE correspondant à la classe d'installation E+ .....	247
448	Figure D.8 – Répartition de densité de puissance dans un plan de coupe vertical pour un réseau d'antennes 8 x 8 à 28 GHz .....	248
450	Figure D.9 – Répartition de densité de puissance dans un plan de coupe vertical pour un réseau d'antennes 8 x 8 à 39 GHz .....	249
452	Figure E.1 – Occupation spectrale pour une modulation GMSK .....	255
453	Figure E.2 – Occupation spectrale pour une modulation AMRC .....	256
454	Figure E.3 – Attribution des canaux pour un signal AMRC à bande élargie .....	260
455	Figure E.4 – Exemple de trames WiFi .....	263
456	Figure E.5 – Occupation du canal en fonction du temps d'intégration pour la norme IEEE 802.11b .....	263
458	Figure E.6 – Occupation du canal en fonction du taux de débit nominal pour les normes IEEE 802.11b/g.....	264
460	Figure E.7 – Instantané d'une trace de spectre WiFi .....	265
461	Figure E.8 – Structure de la trame d'un signal de transmission pour la liaison descendante LTE-FDD .....	270
463	Figure E.9 – Structure de trame LTE-TDD de type 2 (pour une périodicité au point de commutation de 5 ms).....	270
465	Figure E.10 – Structure de la trame d'un signal de transmission pour LTE-TDD.....	271
466	Figure E.11 – Exemple de mesurage PBCH LTE-TDD .....	275
467	Figure E.12 – Exemples d'ondes reçues émises par les signaux de liaison descendante LTE-FDD au moyen d'un analyseur de spectre en mode bande de fréquences égale à zéro.....	276
469	Figure E.13 – Exemple de mesurage du PBCH LTE-TDD au moyen d'un analyseur de spectre en mode bande de fréquences égale à zéro .....	277
471	Figure E.14 – Tracé de reconstruction en cascade d'une trace de mesure de 1 s de longueur d'un signal NR avec espacement entre sous-porteuses (SCS) de 30 kHz (le long d'une composante du champ électrique).....	281
474	Figure E.15 – Exemple trame de signal NR mesurée sur un SA avec signal SSB supérieur au PDSCH (données) .....	282
476	Figure E.16 – Exemple trame de signal NR mesurée sur un SA avec signal SSB inférieur ou égal au PDSCH (données).....	283
478	Figure F.17 – Portionnement temporel du signal en salves SS .....	284
479	Figure E.18 – Représentation de la largeur de bande de canal (CBW).....	284
480	Figure E.19 – Exemple pour une conception de faisceau CSI-RS à un accès.....	287
481	Figure E.20 – Réseau d'antennes MIMO dont les colonnes sont compactées.....	288
482	Figure E.21 – Vue en plan du modèle statistique prudent.....	292
483	Figure E.22 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 24$ , $PR = 0,125$ .....	301
484	Figure E.23 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 18$ , $PR = 2/7$ .....	302
485	Figure E.24 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 100$ , $PR = 0,125$ .....	305
486	Figure E.25 – Fonction de probabilité cumulative binomiale pour $N = 82$ , $PR = 2/7$ .....	306
487	Figure F.1 – Limites de "brève exposition" ( $t < 360$ s) (voir le Tableau F.1) divisées par l'intervalle de temps $t$ correspondant et normalisées avec la valeur obtenue	

489	de $t$ jusqu'à 360 s. Pour faciliter la visualisation, la courbe est tracée pour $t > 1$ s. Si $t$ est	
490	inférieur, les limites de brève exposition augmentent (la valeur correspondante de $t = 1$ ms	
491	est d'environ 18567). .....	311
492	Figure F.2 – $F_{PR\_min}$ en fonction de la durée d'impulsion. Pour des valeurs PRF	
493	supérieures ou égales à $F_{PR\_min}$ , la conformité aux limites moyennées dans le temps du	
494	corps entier (plus de 30 min) spécifiées par l'ICNIRP-2020 [1] assure de fait la conformité	
495	aux limites de brève exposition de l'ICNIRP-2020 [1] .....	313
496	Figure F.3 – $F_{PR\_min}$ en fonction de la durée d'impulsion. Pour des valeurs PRF	
497	supérieures ou égales à $F_{PR\_min}$ , la conformité aux limites moyennées dans le temps du	
498	corps entier (en prenant pour hypothèse un temps d'intégration de 6 min plutôt que 30 min	
499	comme cela est spécifié par l'ICNIRP-2020 [1]) assure de fait la conformité aux limites de	
500	brève exposition de l'ICNIRP-2020 [1].....	314
501	Figure G.1 – Exemples de systèmes d'évaluation généraux .....	319
502	Figure G.2 – Vue d'ensemble du schéma de l'incertitude cible .....	320
503	Figure G.3 – Probabilité qu'une valeur vraie soit supérieure (respectivement inférieure) aux	
504	valeurs évaluées en fonction du niveau de confiance en prenant pour hypothèse que	
505	l'incertitude obéit à une loi normale.....	326
506	Figure G.4 – Tracé des facteurs d'étalonnage pour $E$ (non $E_2$ ) tiré d'un exemple de rapport	
507	d'étalonnage d'une sonde de champ électrique .....	328
508	Figure G.5 – Modélisation informatique utilisée pour l'analyse des variations de champs RF	
509	réfléchis par l'avant d'un vérificateur .....	334
510	Figure G.6 – Dispositif de positionnement et différentes erreurs de positionnement .....	341
511	Figure G.7 – Modèle physique des variations d'évanouissements à petite échelle de	
512	Rayleigh (a) et Rice (b).....	343
513	Figure G.8 – Exemple de variations de champ $E$ dans la ligne de visibilité d'une antenne	
514	à 2,2 GHz .....	344
515	Figure G.9 – Erreur à 95 % dans l'estimation de la densité de puissance moyenne.....	345
516	Figure G.10 – 343 positions de mesure constituant un cube (centre) et différents modèles	
517	comprenant un certain nombre de positions .....	347
518	Figure G.11 – Déplacement d'un modèle (Axe 3) à travers le CUBE .....	348
519	Figure G.12 – Écarts-types pour GSM 900, DCS 1800 et UMTS .....	350
520	Figure G.13 – Disposition de la simulation .....	352
521	Figure G.14 – Influence du corps .....	353
522	Figure G.15 – Disposition de la simulation .....	354
523		
524	Tableau 1 – Étapes d'évaluation du guide de démarrage rapide.....	42
525	Tableau 2 – Exemple de classes d'installation de produit pour lesquelles un processus	
526	d'évaluation simplifiée est applicable (sur la base des limites grand public de	
527	l'ICNIRP [1] et [2]) .....	59
528	Tableau 3 – Validité des indicateurs d'exposition pour les points d'évaluation de chaque	
529	région source.....	75
530	Tableau 4 – Exigences de mesure de l'intensité de champ de radiofréquences et de la	
531	densité de puissance .....	77
532	Tableau 5 – Exclusions du DAS du corps entier en fonction des niveaux de puissance RF ...	78
533	Tableau 6 – Exigences de mesure du DAS .....	78
534	Tableau 7 – Applicabilité des méthodes de calcul pour les régions source-environnement de	
535	la Figure 10 .....	80
536	Tableau 8 — Exigences des méthodes de calcul.....	80
537	Tableau A.1 – Définition des régions sources .....	91

538	Tableau A.2 – Frontières des régions sources par défaut.....	91
539	Tableau A.3 – Frontières des régions sources pour des antennes de dimension maximale	
540	inférieure à $2,5 \lambda$ .....	92
541	Tableau A.4 – Frontières des régions sources pour des réseaux d'antennes	
542	linéaires/planaires de dimension maximale supérieure ou égale à $2,5 \lambda$ .....	92
543	Tableau A.5 – Frontières des régions sources pour des antennes à ouverture de	
544	rayonnement équiphase (par exemple à réflecteur) dont la dimension maximale des	
545	réflecteurs est bien plus grande qu'une longueur d'onde.....	93
546	Tableau A.6 – Frontières de régions sources pour les câbles rayonnants .....	93
547	Tableau A.7 – Distance de champ lointain $r$ (en mètres) en fonction d'un angle $\beta$ .....	95
548	Tableau A.8 – Recommandations relatives au choix de l'approche par calcul et de l'approche	
549	de mesure .....	96
550	Tableau A.9 – Recommandations relatives au choix entre mesures à large bande et	
551	mesurages sélectifs en fréquence .....	98
552	Tableau A.10 – Recommandations relatives au choix des procédures de mesure de	
553	l'intensité de champ de radiofréquences .....	99
554	Tableau A.11 – Recommandations relatives au choix de méthodes de calcul.....	100
555	Tableau A.12 — Recommandations relatives au classement de méthodes d'évaluation	
556	spécifiques .....	102
557	Tableau B.1 – Variables dimensionnelles.....	104
558	Tableau B.2 – Variables de puissance RF.....	105
559	Tableau B.3 – Variables d'antenne .....	106
560	Tableau B.4 – Variables d'indicateur d'exposition .....	106
561	Tableau B.5 – Exigences minimales relatives au système de mesure à large bande .....	119
562	Tableau B.6 – Exigences minimales relatives au système de mesure sélective en fréquence	120
563	Tableau B.7 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un mesurage sur	
564	site de l'intensité de champ de radiofréquences avec un instrument de mesure sélective en	
565	fréquence .....	141
566	Tableau B.8 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un mesurage sur	
567	site de l'intensité de champ de radiofréquences avec un instrument de mesure à large bande	144
568	Tableau B.9 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un mesurage en	
569	laboratoire de l'intensité de champ de radiofréquences ou de la densité de puissance avec la	
570	méthode de balayage de surface .....	146
571	Tableau B.10 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un mesurage	
572	en laboratoire de l'intensité de champ de radiofréquences ou de la densité de puissance	
573	avec la méthode de balayage de volume .....	147
574	Tableau B.11 – Valeurs numériques de référence du DAS pour doublets de référence et	
575	fantômes plans – Toutes les valeurs sont normalisées à une puissance incidente de 1 W ..	152
576	Tableau B.12 – Volume de liquide de fantôme et volume de mesure utilisés pour les	
577	mesurages du DAS du corps entier [66], [53].....	155
578	Tableau B.13 – Facteur de correction à appliquer pour compenser un éventuel biais du DAS	
579	du corps entier obtenu pour le grand public pour une évaluation avec grand fantôme de	
580	forme parallélépipédique pour les configurations d'exposition d'enfants [67] .....	155
581	Tableau B.14 – Modèle d'évaluation de l'incertitude de mesure pour l'essai du DAS du corps	
582	entier de l'EUT.....	156
583	Tableau B.15 – Modèle d'évaluation de l'incertitude de mesure pour le DAS du corps entier	
584	(validation du système).....	158
585	Tableau B.16 – Définition de frontières pour le choix de la zone de calcul .....	162

586	Tableau B.17 – Paramètres d'entrée pour la validation des formules cylindriques et	
587	sphériques .....	165
588	Tableau B.18 – Applicabilité des formules d'estimation du DAS .....	168
589	Tableau B.19 – Calcul de $A(f, d)$ .....	171
590	Tableau B.20 – Paramètres d'antenne pour la vérification des formules d'estimation du DAS	172
591	Tableau B.21 – Données de vérification pour les formules d'estimation du DAS - avant .....	173
592	Tableau B.22 – Données de vérification pour les formules d'estimation du DAS – axiale et	
593	arrière.....	173
594	Tableau B.23 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie d'un calcul	
595	d'intensité de champ de radiofréquences par modèle synthétique et lancer de rayons .....	182
596	Tableau B.24 – Résultats de référence de la densité de puissance du lancer de rayons et du	
597	modèle synthétique.....	185
598	Tableau B.25 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie pour un calcul de	
599	l'intensité de champ de radiofréquences/densité de puissance par onde complète .....	190
600	Tableau B.26 – Validation 1: résultats de référence de l'évaluation de champs par onde	
601	complète.....	193
602	Tableau B.27 – Validation 2: résultats de référence de l'évaluation de champs par onde	
603	complète.....	194
604	Tableau B.28 – Exemple de modèle d'estimation de l'incertitude élargie de calcul par onde	
605	complète du DAS.....	197
606	Tableau B.29 – Résultats du DAS de référence pour la validation de la méthode de calcul.	201
607	Tableau B.30 – Paramètres pertinents pour procéder à des études de modélisation de	
608	l'exposition RF d'un site ou cluster de sites MIMO massive.....	209
609	Tableau B.31 – Paramètres de la campagne de mesure pour procéder à l'évaluation de	
610	l'exposition RF d'un site ou cluster de sites mMIMO.....	211
611	Tableau B.32 – Facteurs de combinaison de puissance applicables à la CDF de puissance	
612	transmise normalisée en cas de combinaison de plusieurs émetteurs identiques	
613	indépendants .....	213
614	Tableau B.33 – Facteurs de combinaison de puissance applicables à deux émetteurs	
615	indépendants avec un rapport $p$ en amplitude .....	214
616	Tableau C.1 – Différence relative entre la puissance mesurée et la valeur du compteur de	
617	puissance pour des systèmes permettant des mesurages directs du niveau de puissance (les	
618	en-têtes de colonne a, b et c sont des valeurs de références, et les valeurs numériques sont	
619	données à titre d'exemple).....	217
620	Tableau C.2 – Corrélation entre le niveau de puissance configurée et le niveau indiqué par	
621	les compteurs de puissance pour une BS permettant des mesurages directs du niveau de	
622	puissance (les en-têtes de colonne a, b et c sont des valeurs de référence, et les valeurs	
623	numériques sont des exemples pour le cas $P_{\max} = 100 \text{ W}$ et $F_{\text{TDC}} = 0,75$ ) .....	217
624	Tableau C.3 – Corrélation entre les niveaux de charge moyennés dans le temps et la valeur	
625	du compteur de puissance pour des systèmes permettant des mesurages directs du niveau	
626	de puissance (les en-têtes de colonne a, b et c sont des valeurs de référence, et les valeurs	
627	numériques sont des exemples pour le cas $P_{\max} = 100 \text{ W}$ et $F_{\text{TDC}} = 0,75$ ) .....	218
628	Tableau C.4 – Différence relative entre la puissance configurée, la puissance mesurée et les	
629	compteurs de puissance pour des systèmes ne permettant pas des mesurages directs du	
630	niveau de puissance (les en-têtes de colonne a, b et c sont des valeurs de référence, et les	
631	valeurs numériques sont des exemples pour le cas $P_{\max} = 100 \text{ W}$ , antenne de 20 dBi et	
632	distance de 10 m) .....	219
633	Tableau C.5 – Corrélation entre le niveau de puissance configurée et le niveau indiqué par	
634	les compteurs de puissance pour une BS ne permettant pas des mesurages directs du	
635	niveau de puissance (les en-têtes de colonne a, b et c sont des valeurs de référence, et les	

636	valeurs numériques sont des exemples pour le cas de la puissance configurable maximale	
637	$P_{\max} = 100 \text{ W}$ ) .....	220
638	Tableau C.6 – Corrélation entre la linéarité temporelle du niveau de puissance configurée et	
639	le niveau indiqué par les compteurs de puissance pour une BS ne permettant pas des	
640	mesurages directs du niveau de puissance (les en-têtes de colonne a, b et c sont des	
641	valeurs de référence, et les valeurs numériques sont des exemples pour le cas de la	
642	puissance configurable maximale $P_{\max} = 100 \text{ W}$ ).....	221
643	Tableau E.1 – Informations spécifiques à la technologie .....	251
644	Tableau E.2 – Exemple de réglages d'analyseur de spectre pour une intégration par service	257
645	Tableau E.3 – Exemple de composantes de puissance constante pour des technologies	
646	AMRT/AMRF spécifiques .....	258
647	Tableau E.4 – Exigences applicables au décodeur AMRC à bande élargie .....	260
648	Tableau E.5 – Configurations des signaux .....	261
649	Tableau E.6 – Réglage de la linéarité de puissance du générateur AMRC à bande élargie .	261
650	Tableau E.7 – Réglage du générateur AMRC à bande élargie pour l'étalonnage du décodeur	262
651	Tableau E.8 – Réglage du générateur AMRC à bande élargie pour le mesurage du	
652	coefficient de réflexion .....	262
653	Tableau E.9 – Configurations de liaison montante/descendante.....	272
654	Tableau E.10 – Facteur d'extrapolation théorique, $N_{RS}$ , fondé sur la structure de trame	
655	donnée dans la spécification technique 3GPP TS 36.104 [21].....	273
656	Tableau E.11 – $F_{BW}$ pour chaque combinaison de largeurs de bande de canal de la BS et	
657	espacement entre sous-porteuses SSB (SCS) de signaux inférieurs à 6 GHz .....	279
658	Tableau E.12 – $F_{BW}$ pour chaque combinaison de largeurs de bande de canal de la BS et	
659	espacement entre sous-porteuses SSB (SCS) pour des signaux à ondes millimétriques .....	280
660	Tableau E.13 – Liste des variables de l'étude de cas .....	304
661	Tableau F.1 – Limites de brève exposition pour le grand public intégrées dans des	
662	intervalles compris entre 0 min et 6 min comme cela est spécifié par l'ICNIRP-2020 [1].....	310
663	Tableau F.2 – PRF minimal, $F_{PR\_min}$ , pour lequel la conformité aux limites du corps entier	
664	moyennées dans le temps de l'ICNIRP-2020 [1] assure de fait la conformité aux limites de	
665	brève exposition spécifiées par l'ICNIRP-2020 [1].....	315
666	Tableau G.1 – Détermination de l'incertitude cible .....	321
667	Tableau G.2 – Simulation de Monte-Carlo avec 10 000 essais, le vérificateur et l'auditeur	
668	utilisant la "meilleure estimation" .....	323
669	Tableau G.3 – Simulation de Monte-Carlo avec 10 000 essais, le vérificateur et l'auditeur	
670	utilisant une incertitude cible de 4 dB.....	323
671	Tableau G.4 – Simulation de Monte-Carlo avec 10 000 essais; le vérificateur utilise un IC	
672	supérieur à 95 % tandis que l'auditeur utilise un IC inférieur à 95 % .....	324
673	Tableau G.5 – Distances de séparation minimales recommandées pour certaines longueurs	
674	de doublets de sorte que l'incertitude ne dépasse pas 5 % ou 10 % pour un mesurage de $E$	332
675	Tableau G.6 – Distances de séparation minimales recommandées pour certains diamètres	
676	de cadre de sorte que l'incertitude ne dépasse pas 5 % ou 10 % pour un mesurage de $H$ ...	332
677	Tableau G.7 – Exemple de conditions de séparation minimales pour des longueurs de	
678	doublet choisies avec une incertitude de 10 % dans $E$ .....	333
679	Tableau G.8 – Estimations normalisées de la variation en dB des perturbations en face d'un	
680	vérificateur dues aux champs réfléchis par le corps comme cela est décrit à la Figure G.5.	335
681	Tableau G.9 – Estimations de l'incertitude type ( $u$ ) pour $E$ et $H$ dues aux réflexions du corps	
682	du vérificateur pour des services de radiodiffusion ordinaires, dérivées des estimations du	
683	Tableau G.8.....	335



684	Tableau G.10 – Coefficients de sensibilité maximaux pour la permittivité et la conductivité	
685	d'un liquide sur la plage de fréquences comprise entre 300 MHz et 6 GHz.....	342
686	Tableau G.11 – Incertitude à 95 % pour différents modèles d'évanouissement .....	346
687	Tableau G.12 – Coefficients de corrélation pour GSM 900 et DCS 1800 .....	349
688	Tableau G.13 – Variations des écarts-types pour la bande de fréquences GSM 900,	
689	DCS 1800 et UMTS .....	351
690	Tableau G.14 – Exemples de calculs de l'incertitude totale .....	351
691	Tableau G.15 – Erreur maximale simulée due à l'influence d'un corps humain sur les valeurs	
692	de mesure d'une sonde omnidirectionnelle.....	353
693	Tableau G.1 – Influence mesurée d'un corps humain sur les mesurages d'une sonde	
694	omnidirectionnelle.....	354
695		
696		

697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ DE CHAMP DE RADIOFRÉQUENCES, DE LA DENSITÉ DE PUISSANCE ET DU DAS À PROXIMITÉ DES STATIONS DE BASE DANS LE BUT D'ÉVALUER L'EXPOSITION HUMAINE

#### AVANT-PROPOS

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

739 L'IEC 62232 a été établie par le sous-comité MT3: Méthodes d'évaluation des champs électriques,  
740 magnétiques et électromagnétiques associées à l'exposition humaine, du comité d'études 106 de  
741 l'IEC: Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation  
742 avec l'exposition humaine. Il s'agit d'une Norme internationale.

743 Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2017. Cette édition constitue  
744 une révision technique.

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

- 747 a) Augmentation de la plage de fréquences de 110 MHz à 300 GHz (avec prise en considération des  
748 sources ambiantes de 100 kHz à 300 GHz);
- 749 b) Spécification des procédures d'évaluation reposant sur l'approche maximale réelle;
- 750 c) Présentation des méthodes d'évaluation relatives aux technologies 5G et BS utilisant un faisceau  
751 orientable, par exemple les systèmes massifs MIMO;

- 752 d) Clarification des critères de conformité pour l'exposition depuis plusieurs sources;  
753 e) Restructuration de l'Annexe B (Méthodes d'évaluation) pour en faciliter la lecture;  
754 f) Mise à jour des exigences et procédures de mesure de la densité de puissance dans les conditions  
755 de laboratoire;  
756 g) Mise à jour des formules d'évaluation simplifiées pour les antennes à réflecteur utilisées dans les  
757 relais hertziens et les liaisons hertziennes;  
758 h) Compatibilité avec les limites d'exposition de l'ICNIRP-2020 [1].

759 Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
106/XX/FDIS	106/XX/RVD

760  
761 Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti  
762 à son approbation.

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

764 Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les  
765 Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous  
766 [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont  
767 décrits plus en détail sous <http://www.iec.ch/standardsdev/publications>.

768 Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité  
769 indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document  
770 recherché. À cette date, le document sera

- 771 • reconduit,  
772 • supprimé,  
773 • remplacé par une édition révisée, ou  
774 • amendé.  
775

776

## INTRODUCTION

777 Le présent document traite de l'évaluation de l'intensité de champ de radiofréquences, de la densité  
778 de puissance et des niveaux de débit d'absorption spécifique (DAS) à proximité des stations de  
779 base (BS) (également appelées "produits" ou "équipement en essai" (EUT) rayonnant  
780 intentionnellement dans la plage de radiofréquences (RF) de 110 MHz à 300 GHz, conformément au  
781 domaine d'application (voir l'Article 1). Il ne traite pas de l'évaluation de la densité de courant.

782 Les méthodes d'évaluation de l'exposition RF à utiliser pour les évaluations de conformité du produit,  
783 de conformité de l'installation du produit et de l'exposition RF sur site sont spécifiées dans le présent  
784 document. Les limites d'exposition humaine, également appelées "limites d'exposition", ne sont pas  
785 spécifiées dans le présent document. Lors de la réalisation des évaluations de l'exposition RF, le  
786 vérificateur fait référence à l'ensemble de limites d'exposition applicable en cas d'exposition. Des  
787 exemples de limites d'exposition applicables prises en considération dans le présent document sont  
788 fournis dans la Bibliographie (ICNIRP-2020 [1], ICNIRP-1998 [2], IEEE C95.1 [3] et Safety  
789 Code 6 [4], par exemple).

790 NOTE: Dans le présent document, "ICNIRP" utilisé sans "-1998" ou sans "-2020" s'applique tant à [1] qu'à [2].

791 Le présent document se fonde sur les lignes directrices de l'IEC 62232:2017 et les leçons apprises  
792 de la mise en œuvre de l'IEC TR 62669:2019 [5]. Il spécifie notamment la manière de mettre en  
793 œuvre l'approche maximale réelle.

794 L'Article 2, l'Article 3 et l'Article 4 donnent respectivement les références normatives, les termes et  
795 définitions et les symboles et termes abrégés.

796 L'Article 5 donne des conseils sur la manière d'utiliser le présent document, y compris un guide de  
797 démarrage rapide.

798 L'Article 6 décrit les trois principaux domaines d'application du présent document: méthodes  
799 d'évaluation de l'exposition RF pour la conformité du produit, la conformité de l'installation du produit  
800 et les évaluations de l'exposition RF sur site. Il inclut les exigences essentielles en matière  
801 d'évaluation de l'exposition RF en s'appuyant sur l'utilisation de l'approche maximale réelle. Il  
802 contient également des critères simplifiés de mise en fonctionnement de la station de base. De plus  
803 amples informations sont fournies à l'Annexe A, l'Annexe D et l'Annexe E.

804 L'Article 7 donne des lignes directrices relatives au choix de la méthode d'évaluation. De plus amples  
805 informations sont fournies à l'Annexe A.

806 L'Article 8 spécifie les méthodes d'évaluation de l'exposition RF à utiliser et fait référence aux  
807 informations complémentaires de l'Annexe B et de l'Annexe F.

808 L'Article 9 traite de l'estimation de l'incertitude et fait référence aux informations complémentaires de  
809 l'Annexe G et de l'Annexe H.

810 L'Article 10 décrit les exigences relatives à l'activité de rapport pour les évaluations.

811 Il est également fait référence aux annexes et aux données bibliographiques qui donnent des  
812 clarifications ou des recommandations utiles.

813 Des recommandations complémentaires peuvent être consultées dans l'IEC TR 62669:2019 [5] qui  
814 comprend un ensemble d'études de cas donnant des exemples pratiques d'application du présent  
815 document.

816