



Institut luxembourgeois de la normalisation
de l'accréditation, de la sécurité et qualité
des produits et services

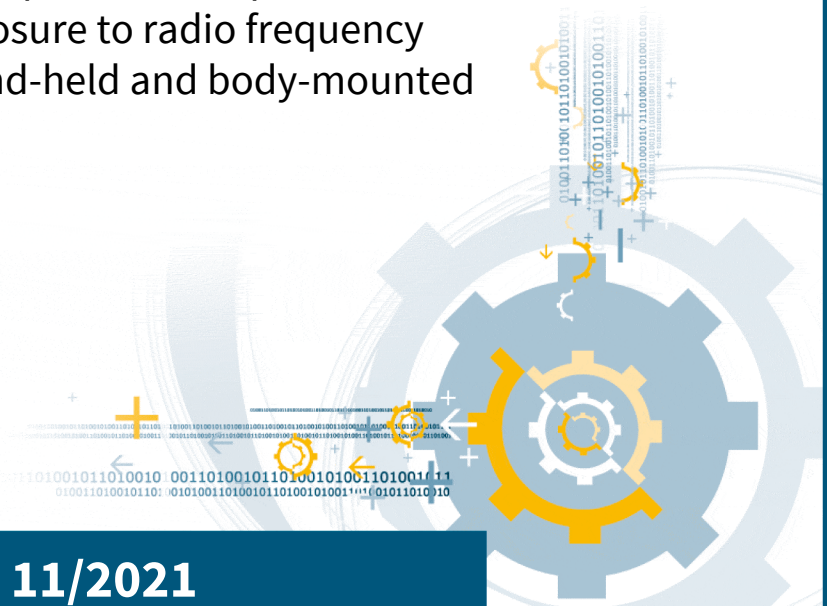
ILNAS-EN IEC/IEEE 62209-1528:2021

Procédure de mesure pour l'évaluation du débit d'absorption spécifique de l'exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les

Messverfahren für die Beurteilung der
spezifischen Absorptionsrate bei der
Exposition von Personen gegenüber
hochfrequenten Feldern von

Measurement procedure for the
assessment of specific absorption rate of
human exposure to radio frequency
fields from hand-held and body-mounted

11/2021



Avant-propos national

Cette Norme Européenne EN IEC/IEEE 62209-1528:2021 a été adoptée comme Norme Luxembourgeoise ILNAS-EN IEC/IEEE 62209-1528:2021.

Toute personne intéressée, membre d'une organisation basée au Luxembourg, peut participer gratuitement à l'élaboration de normes luxembourgeoises (ILNAS), européennes (CEN, CENELEC) et internationales (ISO, IEC) :

- Influencer et participer à la conception de normes
- Anticiper les développements futurs
- Participer aux réunions des comités techniques

<https://portail-qualite.public.lu/fr/normes-normalisation/participer-normalisation.html>

CETTE PUBLICATION EST PROTÉGÉE PAR LE DROIT D'AUTEUR

Aucun contenu de la présente publication ne peut être reproduit ou utilisé sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit - électronique, mécanique, photocopie ou par d'autres moyens sans autorisation préalable !

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

ILNAS-EN IEC/IEEE 62209-1528:2021

EN IEC/IEEE 62209-1528

Novembre 2021

ICS 17.220.20

Remplace l' EN 62209-1:2016, EN 62209-2:2010 ainsi
que l'ensemble de ses amendements et corrigenda (le cas
échéant)

Version française

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 humain, instrumentation et procédures (Plage de fréquences comprise entre 4 MHz et 10 GHz) (IEC/IEEE 62209-1528:2020)

Messverfahren für die Beurteilung der spezifischen
Absorptionsrate bei der Exposition von Personen
gegenüber hochfrequenten Feldern von handgehaltenen
und am Körper getragenen schnurlosen
Kommunikationsgeräten - Teil 1528: Körpermodelle,
Messgeräte und -verfahren (Frequenzbereich von 4 MHz
bis 10 GHz)
(IEC/IEEE 62209-1528:2020)

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)
(IEC/IEEE 62209-1528:2020)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2021-06-03. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à cette Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du CEN-CENELEC Management Centre ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au CEN-CENELEC Management Centre, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Macédoine du Nord, République de Serbie, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Bruxelles

Avant-propos européen

Ce document (EN IEC/IEEE 62209-1528:2021) comprend le texte de la CEI/IEEE 62209-1528:2020 préparé par le CE 106 de la CEI, "Méthodes d'évaluation des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en relation avec l'exposition humaine".

Les dates suivantes sont fixées:

- date limite à laquelle ce document doit être mis en application au (dop) 2022-05-19
niveau national par publication d'une norme nationale identique ou par entérinement
- date limite à laquelle les normes nationales conflictuelles doivent être (dow) 2024-11-19
annulées

Ce document remplace l'EN 62209-1:2016 et EN 62209-2:2010 ainsi que l'ensemble de ses amendements et corrigenda (le cas échéant).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CENELEC ne saurait être tenu pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information et toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve sur le site web du CENELEC.

Notice d'entérinement

Le texte de la Norme internationale IEC/IEEE 62209-1528:2020 a été approuvé par le CENELEC comme Norme Européenne sans aucune modification.

Dans la version officielle, ajouter dans la Bibliographie les notes suivantes pour les normes indiquées:

ISO/IEC 17025:2017	NOTE	Harmonisée comme EN ISO/IEC 17025:2017 (non modifiée)
IEC 62479:2010	NOTE	Harmonisée comme EN 62479:2010 (modifiée)
IEC 62311:2019	NOTE	Harmonisée comme EN IEC 62311:2020 (non modifiée)
IEC 60154-2	NOTE	Harmonisée comme EN 60154-2
ISO 10012:2003	NOTE	Harmonisée comme EN ISO 10012:2003 (non modifiée)
ISO/IEC 17043:2010	NOTE	Harmonisée comme EN ISO/IEC 17043:2010 (non modifiée)

Annexe ZA (normative)

Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes

Les documents suivants cités dans le texte 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).

NOTE 1 Dans le cas où une publication internationale est modifiée par des modifications communes, indiqué par (mod), l'EN/le HD correspondant(e) s'applique.

NOTE 2 Les informations les plus récentes concernant les dernières versions des Normes Européennes listées dans la présente annexe sont disponibles à l'adresse suivante: www.cenelec.eu.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
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)	EN IEC 62209-3	2019
ISO/IEC Guide 98-3	2008	Incertitude de mesure - Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)	-	-



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)**

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).....		
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		
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		
Annexe O (normative) Analyse d'incertitude pour les fabricants de systèmes de mesure et les laboratoires d'étalonnage.....		
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 serpentín de référence	455
Tableau D.7 – Valeurs numériques cibles de DAS (W/kg) pour les antennes en serpentín	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'unifiantôme	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'unifiantôme.....	573
Tableau U.3 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les mobiles multifonctions positionnés sur la base plane de l'unifiantôme	575
Tableau U.4 – Récapitulatif des informations permettant de déterminer la marge pour les mobiles multifonctions positionnés au niveau du coin de l'unifiantôme	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'unifiantôme	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