



Gestion du spectre et télécommunications

Procédure supplémentaire

Procédure supplémentaire d'évaluation de la conformité en matière d'exposition humaine aux radiofréquences des dispositifs portatifs exploités dans la gamme de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz)

Préface

La présente procédure de conformité d’Innovation, Sciences et Développement économique Canada décrit les divers processus et exigences techniques à appliquer pour démontrer la conformité aux limites de densité de puissance des dispositifs portatifs fonctionnant dans la gamme de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz).

Publication autorisée par le ministre de l’Innovation, des Sciences et de l’Industrie

Le directeur général
Direction générale du génie, de la planification et des normes

MARTIN PROULX

Table des matières

1. Portée	1
2. Objet et application	1
3. Références normatives	2
4. Définitions et abréviations	2
4.1. Définitions	2
4.2. Abréviations et sigles	5
4.3. Grandeurs physiques	6
5. Approche utilisée dans l'évaluation de la conformité de l'exposition aux radiofréquences	6
6. Préparation du dispositif soumis à l'essai	8
6.1. Positions d'essai et surfaces d'évaluation	8
6.2. Fréquence d'essai	9
6.3. Configurations à tester	9
6.4. Dispositifs à réseaux ou à sous-réseaux	9
6.5. Dispositifs dont les éléments ne fonctionnent pas simultanément	10
7. Modélisation informatique	10
7.1. Modèle de conception assistée par ordinateur (CAO)	11
7.2. Logiciels de calcul	11
7.3. Évaluation informatique	12
7.4. Validation du modèle CAO du DSE	12
8. Mesures	13
8.1. Environnement d'essai	13
8.2. Équipement de mesure	13
8.3. Validation du système et vérification du système	13
8.3.1. Validation du système	13
8.3.2. Vérification du système	14
8.4. Configuration du dispositif à l'essai pour effectuer les mesures	16
8.5. Mesure de la densité de puissance	17
8.5.1 Surface d'évaluation dans la région du champ éloigné	17

8.5.2	Surface d'évaluation dans la zone du champ proche.....	18
8.5.3	Mesure de dispositifs ayant plusieurs antennes ou plusieurs émetteurs.....	19
9.	Évaluation des incertitudes.....	21
9.1.	Incertitude de la modélisation informatique.....	21
9.2.	Mesures.....	22
10.	Mémoire technique sur l'exposition aux radiofréquences	22
	Annexe A : Renseignements à fournir aux fins de l'évaluation de la densité de puissance.	23
	Annexe B : Renseignements spécifiques pour calculer la densité de puissance.....	27
B.1.	Modèles de champ lointain.....	27
B.2.	Impédance du point d'alimentation.....	27
B.3.	Coefficient de réflexion.....	27
	Annexe C : Bibliographie	28

1. Portée

La procédure supplémentaire PRS-003, 1^{re} édition, liée au Cahier des charges sur les normes radioélectriques CNR-102, [*Conformité des appareils de radiocommunication aux limites d'exposition humaine aux radiofréquences \(toutes bandes de fréquences\)*](#), définit les méthodes générales d'essais à suivre lors d'une évaluation de la conformité en matière d'exposition humaine aux radiofréquences des dispositifs portatifs fonctionnant dans la gamme de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz).

La PRS-003 couvre les exigences permettant de déterminer la densité de puissance (restrictions de base et niveaux de référence); toutefois, elle ne couvre pas les exigences fondées sur le débit d'absorption spécifique (DAS) s'appliquant à la gamme de fréquences de 100 kHz à 6 GHz ou au champ E et au champ H pour protéger contre la stimulation des nerfs dans la gamme de fréquences de 3 kHz à 10 MHz. Une évaluation complète de la conformité d'un dispositif à l'essai, y compris les autres émetteurs du dispositif, doit aussi tenir compte de toutes les limites d'exposition énoncées dans le CNR-102.

2. Objet et application

La présente procédure supplémentaire (PRS-003) définit les méthodes générales d'essais relatives à l'évaluation de la conformité aux limites d'exposition à la densité de puissance établies dans le CNR-102 pour les dispositifs portatifs fonctionnant dans la gamme de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz) et destinés à être utilisés à 20 cm ou moins de l'utilisateur ou d'un tiers.

Les dispositifs fonctionnant au-dessus de 6 GHz, mais pas dans la bande de fréquences de 60 GHz, peuvent avoir besoin d'instructions supplémentaires sur la configuration des essais, la procédure d'essai spécifique ou les exigences techniques. Ainsi, avant d'évaluer la conformité à l'exposition aux radiofréquences de ces dispositifs, il faut transmettre une demande de renseignements à la Direction des normes réglementaires d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE), à l'aide du formulaire en ligne [Demande générale](#). Il faut fournir dans la demande suffisamment de renseignements sur la technologie et le fonctionnement du dispositif pour permettre à ISDE de définir les exigences administratives et techniques applicables au dispositif en question.

3. Références normatives

Il faut aussi consulter les documents suivants pour appliquer la PRS-003 et utiliser la version la plus récente de ces publications de référence pour démontrer la conformité.

- Cahier des charges sur les normes radioélectriques CNR-102, [Conformité des appareils de radiocommunication aux limites d'exposition humaine aux radiofréquences \(toutes bandes de fréquences\)](#)
- Commission électrotechnique internationale (CEI) – rapport technique (TR) 63170, [Measurement procedure for the evaluation of power density related to human exposure to radio frequency fields from wireless communication devices operating between 6 GHz and 100 GHz](#) (en anglais seulement)
- Commission électrotechnique internationale/Institute of Electrical and Electronics Engineers (CEI/IEEE) 62704-1 – [Determining the peak spatial-average specific absorption rate \(SAR\) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz - Part 1: General requirements for using the finite difference time-domain \(FDTD\) method for SAR calculations](#) (en anglais seulement)
- [Code de sécurité 6 : Lignes directrices de Santé Canada sur l'exposition aux radiofréquences](#)
- [Guide technique pour l'interprétation et l'évaluation de la conformité aux lignes directrices de Santé Canada sur l'exposition aux radiofréquences](#)

Les annexes A et B de la PRS-003 sont normatives.

ISDE peut envisager des méthodes d'évaluation qui ne sont pas couvertes par la PRS-003 ou les publications citées en référence. Consultez le site Web du [Bureau d'homologation et de services techniques](#) pour déterminer l'acceptabilité de toute autre méthode de mesure, ou envoyez une demande par [courriel](#) avec les renseignements détaillés sur la ou les méthodes d'évaluation de substitution.

4. Définitions et abréviations

Cette section contient la définition des termes utilisés tout au long du document, de même que l'explication des acronymes, des abréviations et des unités du Système international d'unités (SI) utilisés dans le présent texte.

4.1. Définitions

Algorithme de reconstruction : Procédures mathématiques utilisées pour déterminer la distribution de la densité de puissance, ayant une incertitude connue, sur la surface d'évaluation à

partir des champs électrique et/ou magnétique mesurés sur une ou plusieurs surfaces ou volume de mesure comme entrée.

Densité de puissance : L'énergie par unité de temps et de surface unitaire traversant la surface infinitésimale caractérisée par la norme du vecteur de Poynting exprimée en W/m².

Densité de puissance spatiale moyenne : La densité de puissance moyenne sur une surface de la zone A_{moy} , indiquée par S_{moy} et définie sur des points sur toute la surface d'évaluation.

Dans le contexte du présent document, S_{moy} peut être définie comme la norme spatiale moyenne du vecteur de Poynting sur la surface A_{moy} , qui surestime le flux énergétique total par unité de surface et par unité de temps se produisant en moyenne sur une surface de la zone A_{moy} . Elle peut être exprimée comme suit :

$$S_{moy}(\mathbf{r}) = \frac{1}{A_{moy}T} \iint_{A_{moy}} \left\| \int_T (\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) \times \mathbf{H}(\mathbf{r}, t)) dt \right\| dA$$

où

- \mathbf{r} est le point central de la zone A_{moy}
- T est le temps moyen

Pour les champs harmoniques temporels, la formule suivante est utilisée :

$$S_{moy}(\mathbf{r}) = \frac{1}{2A_{moy}} \iint_{A_{moy}} \|Re(\mathbf{E}_s(\mathbf{r}) \times \mathbf{H}_s^*(\mathbf{r}))\| dA$$

Densité de puissance spatiale de crête : Valeur maximale globale de toutes les valeurs de densité de puissance définies sur la surface d'évaluation.

Nota : Contrairement à la densité de puissance spatiale moyenne de crête, cette valeur n'est pas moyennée.

Densité de puissance spatiale moyenne de crête : Valeur maximale globale de toutes les valeurs de densité de puissance spatiale moyenne définies sur la surface d'évaluation.

Liste de codes : Description des combinaisons de phases et d'amplitudes pouvant être utilisées par un réseau d'antenne ou sous-réseau d'antenne sur le dispositif à l'essai.

Réseau : Antenne qui contient un certain nombre d'éléments rayonnants utilisés pour émettre (ou recevoir) des signaux qui sont traités collectivement.

Signaux corrélés : Signal produisant une corrélation temps-domaine non nulle, intégrale à un instant donné.

Nota : De plus amples détails sur les signaux corrélés sont disponibles dans le rapport technique 62630 de la CEI, [*Guidance for evaluating exposure from multiple electromagnetic sources*](#) (en anglais seulement).

Sous-réseau : Sous-ensemble d'éléments interconnectés d'un réseau.

Nota : Deux sous-réseaux ou plus peuvent partager des éléments rayonnants.

Surface d'évaluation : La surface virtuelle ou plan servant à l'évaluation de la densité de puissance qui donne une estimation prudente de l'exposition aux RF par rapport aux limites.

Surface de mesure : La surface sur laquelle sont mesurées les quantités d'intérêt (champ E et/ou H) à l'aide d'une sonde sensible à ces quantités.

Nota : La densité de puissance n'est pas nécessairement évaluée sur la surface de mesure. Elle peut être calculée au moyen de diverses techniques à partir des données recueillies sur la surface de mesure.

Vecteur de Poynting : Le transfert d'énergie par unité de surface et par unité de temps, exprimé en W/m^2

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

où \mathbf{E} et \mathbf{H} sont les champs électrique et magnétique en fonction du temps, respectivement.

Pour les champs harmoniques temporels, $\mathbf{E} = \text{Re}(\mathbf{E}_s e^{j\omega t})$ $\mathbf{H} = \text{Re}(\mathbf{H}_s e^{j\omega t})$, et le vecteur de Poynting moyenné dans le temps est égal à :

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} \text{Re}(\mathbf{E}_s \times \mathbf{H}_s^*)$$

Zone de calcul de la moyenne : La zone sur la surface d'évaluation sur laquelle la moyenne de la densité de puissance évaluée est calculée (A_{moy}).

Pour les surfaces d'évaluation planes, la moyenne est calculée sur un carré ayant une longueur latérale $L = \sqrt{A_{moy}}$. Autrement, elle est calculée sur un cercle ayant un rayon de $r = \sqrt{A_{moy}/\pi}$.

Nota : Pour la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz), deux limites dépendant de la fréquence sont définies. Pour la première limite, la zone de calcul de la moyenne est définie

comme un carré d'une superficie égale à 4 cm². La seconde limite, qui est le double de la première limite, est associée à une valeur spatiale de crête qui n'est pas moyennée.

Zone du champ lointain : Espace au-delà d'une limite imaginaire autour d'une antenne, où la distribution du champ angulaire commence à être essentiellement indépendante de la distance de l'antenne.

Nota : Dans cette zone, le champ a surtout un caractère d'onde plane.

Zone du champ proche : Volume d'espace rapproché d'une antenne ou d'une autre structure rayonnante, où les champs électrique et magnétique n'ont pas foncièrement un caractère d'onde plane, mais varient considérablement d'un point à l'autre, et ce, à la même distance de la source.

4.2. Abréviations et sigles

Le présent document utilise les abréviations et sigles suivants :

A_{moy}	Zone de calcul de la moyenne
CAO	Conception assistée par ordinateur
CEI	Commission électrotechnique internationale
DAS	Débit d'absorption spécifique
dB	Décibel
DP	Densité de puissance
DPp	Densité de puissance spatiale de crête
DPsmc	Densité de puissance spatiale moyenne de crête
DSE	Dispositif soumis à l'essai
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISDE	Innovation, Sciences et Développement économique Canada
NR	Niveau de référence
RET	Ratio d'exposition totale
RF	Radiofréquences
RMS	(<i>root mean square</i>) Valeur efficace
SAM	Mannequin anthropomorphe spécifique

S_{moy} Densité de puissance spatiale moyenne (voir la définition à la section 4.1 ci-dessus)

TR (*technical report*) Rapport technique

4.3. Grandeurs physiques

Le tableau 1 présente les grandeurs physiques indiquées dans le présent document et leur unité de mesure du Système international d'unités (SI).

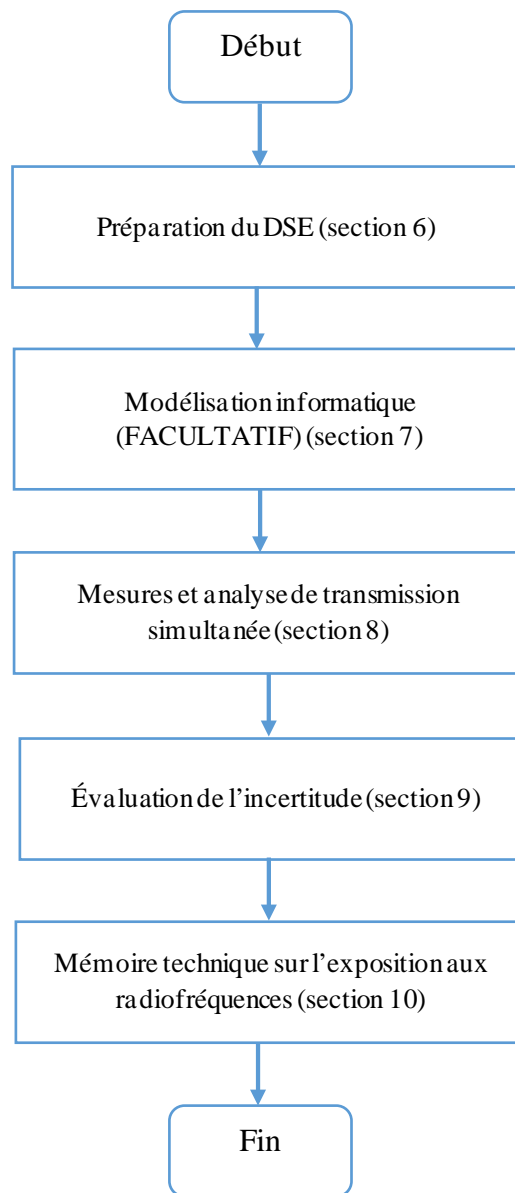
Tableau 1 : Grandeurs physiques

Grandeur mesurée	Symbole de l'unité de mesure	Unité de mesure (Dimension)
Intensité de champ électrique	E	volt par mètre (V/m)
Intensité de champ magnétique	H	ampère par mètre (A/m)
Densité de puissance	S	watts par mètre carré (W/m ²)

5. Approche utilisée dans l'évaluation de la conformité de l'exposition aux radiofréquences

L'évaluation de la conformité de l'exposition aux RF (densité de puissance) des dispositifs portatifs fonctionnant dans la bande de fréquences de 60 GHz de (57 GHz à 71 GHz) comporte plusieurs étapes qui sont résumées à la figure 1 ci-dessous. L'approche d'évaluation est fondée sur l'annexe G du TR 63170 de la CEI auquel on fait référence à la section 3 du présent document.

Figure 1 : Résumé de l'approche utilisée dans l'évaluation de la conformité de l'exposition aux radiofréquences



Lorsqu'il s'avère raisonnable, toutes les configurations d'antenne peuvent être mesurées conformément à la section 8. Cependant, lorsque le nombre de configurations d'antennes possibles est assez important, une approche basée sur des simulations dans le champ proche, comme défini ci-dessus, et sur des mesures est privilégiée pour en maximiser l'efficacité.

Des simulations peuvent être utilisées pour déterminer les configurations d'antenne représentant les niveaux les plus défavorables, suivies de mesures. Voici les deux avantages principaux de cette approche :

1. Elle aidera à réduire le nombre de configurations nécessitant des mesures.
2. Les mesures valideront les résultats de la simulation.

6. Préparation du dispositif soumis à l'essai

La préparation du DSE repose sur les principes énoncés dans le TR 63170 de la CEI. La surface d'évaluation, la position d'essai, les fréquences d'essai et les configurations doivent être déterminées lors de l'évaluation de la conformité par une modélisation informatique ou des mesures.

6.1. Positions d'essai et surfaces d'évaluation

La ou les positions d'essai du DSE pour l'évaluation de la densité de puissance doivent être fondées sur la ou les positions d'essai similaires requises, selon le CNR-102, pour effectuer les mesures du DAS. D'autres procédures reconnues par ISDE s'appliquent aussi, telles que les procédures KDB (Knowledge Database Publications) sur l'exposition aux RF de la Commission fédérale des communications (FCC) des États-Unis. Une liste complète des procédures acceptées se trouve sur le site Web du [Bureau d'homologation et de service techniques](#) d'ISDE.

Les deux principaux facteurs de formes du DSE sont décrits dans le présent document :

1. La surface d'évaluation d'un ordinateur portable ou d'une tablette amovible ou d'un appareil portable sur soi ayant un émetteur fonctionnant dans la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz) doit être déterminée à 0 mm du boîtier. Chaque côté et chaque bord du dispositif à l'essai doit être évalué, à moins qu'ils satisfassent aux critères d'exclusion acceptée par ISDE. Pour effectuer la mesure, la surface d'évaluation est la coque interne du fantôme plat virtuel, qui se trouve à 2 mm de la surface externe du fantôme.
2. Les téléphones intelligents dont l'émetteur fonctionne dans la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz) doivent être mis à l'essai comme décrit dans le CNR-102 et d'autres procédures pertinentes adoptées par ISDE. Les positions principales sont :
 - a. les positions joue et inclinaison par rapport à une coque interne virtuelle du fantôme modifié SAM (mannequin anthropomorphe spécifique) (c'est-à-dire une surface d'évaluation)
 - b. les positions des dispositifs portés sur le corps
 - c. les positions (p. ex. chaque côté et bord) des dispositifs tenus à la main

Pour ce qui est de l'élément a. ci-dessus : dans la situation où ce n'est pas techniquement faisable, une évaluation sur une surface plate tangentielle à la coque interne du fantôme SAM peut être utilisée. Il doit être démontré que le plan tangentiel choisi produit des valeurs conservatrices de la DP_{smc} et de la DP_p. Toutefois, les différences entre les plans utilisés pour les évaluations (fantôme SAM pour le DAS et la surface d'évaluation tangentielle pour la densité de puissance) présenteront des défis en ce qui a trait à la combinaison des niveaux d'exposition pour les transmissions simultanées selon la section 8.5.3. En plus, au niveau du pavillon, la surface virtuelle du fantôme SAM est modifiée de telle sorte que le pavillon se trouve à 2 mm de la surface externe du fantôme SAM.

Chaque position du téléphone intelligent doit être évaluée sauf s'il peut être démontré que certaines positions donnent des valeurs plus conservatrices en comparaison des autres positions requises.

La justification, y compris une description des surfaces d'évaluation et des positions d'essai, doit être fournie dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF (voir la section 10).

6.2. Fréquence d'essai

La méthodologie et la formule décrite à la section 6.2.4 du TR 63170 de la CEI doivent être utilisées pour déterminer le nombre de fréquences d'essai.

6.3. Configurations à tester

En général, le DSE doit être mis à l'essai à l'aide des configurations opérationnelles disponibles. L'indice du schéma de modulation et de codage et le débit binaire produisant la puissance de sortie maximale doivent être utilisés comme configuration d'essai initiale à évaluer. Le facteur de marche utilisé pendant l'évaluation doit être fondé sur la propriété inhérente de la technologie de transmission ou de la conception du DSE.

6.4. Dispositifs à réseaux ou à sous-réseaux

Des évaluations doivent être effectuées pour chaque réseau ou sous-réseau actif. Les champs électrique et magnétique doivent être déterminés sur les surfaces d'évaluation servant à chaque position d'essai, conformément à la section 6.1 du présent document, pour chaque combinaison possible d'amplitude et de phase. Les valeurs de ces champs sont utilisés pour déterminer la DP_p et la DP_{smc} correspondantes.

Lorsque le DSE n'utilise pas de liste de codes, le demandeur doit évaluer le champ selon le nombre d'éléments du réseau ou du sous-réseau pour estimer la distribution de la densité de puissance sur les surfaces d'évaluation. Pour chaque élément rayonnant, les champs doivent être évalués pour chaque combinaison d'excitation (combinaisons d'amplitude et de phases possibles). Lorsque tous les éléments sont alimentés à la même amplitude, les combinaisons de phases possibles de chaque élément rayonnant sont les seules à être évaluées. Pour calculer et faire la moyenne de la DP sur la surface d'évaluation, il faut superposer les champs évalués. Les techniques de maximisation avec une incertitude connue, comme la méthode de la limite

supérieure indiquée à la section G.2 de l'annexe G du TR 63170 de la CEI, peuvent être utilisées pour déterminer les combinaisons produisant la DP_{smc} et la DP_p du cas le plus défavorable.

D'autres techniques de maximisation peuvent également être utilisées, à condition qu'elles donnent une estimation prudente de la densité de puissance. Une description, y compris une justification, ainsi que l'incertitude de la technique de maximisation choisie doivent être documentées dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Chaque DP_{smc} et DP_p trouvées au moyen de la technique de maximisation doivent être normalisées en fonction de la puissance rayonnée (en tenant compte des spécifications de mise au point et des variations de production). Les valeurs de la DP_{smc} et la DP_p les plus élevées, ainsi que les amplitudes et des phases correspondantes appliquées à chaque élément de l'antenne, doivent être signalées pour toutes les fréquences d'essai (canaux). Ces combinaisons seront évaluées au moyen de mesures pour valider les simulations et évaluer la conformité de la densité de puissance.

6.5. Dispositifs dont les éléments ne fonctionnent pas simultanément

Des évaluations doivent être faites pour chaque élément d'antenne actif. Les champs électrique et magnétique doivent être déterminés sur les surfaces d'évaluation correspondantes à chaque position d'essai, conformément à la section 6.1 du présent document. La section 6.5.2 du TR 63170 de la CEI peut être suivie pour effectuer cette évaluation. Chaque DP_{smc} et DP_p doivent être normalisées en fonction de la puissance rayonnée (en tenant compte des spécifications de mise au point et des variations de production). La DP_{smc} et la DP_p doivent être documentées dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Pour un DSE employant des signaux non corrélés dans différentes bandes de fréquences, se reporter à la section 8.5.3, car d'autres considérations s'appliquent.

7. Modélisation informatique

On peut utiliser la modélisation informatique, par exemple la technique des différences finies dans le domaine temporel (FDTD) pour déterminer les configurations générant les valeurs de la DP_{smc} et la DP_p les plus élevées. Les mesures doivent ensuite être effectuées selon les directives de la section 8. Au minimum, la configuration du réseau ou sous-réseau qui génère la valeur d'exposition aux RF la plus élevée doit être évaluée. Dans le cas où les valeurs de la DP_{smc} et de la DP_p sont à l'intérieur de 3 dB des limites d'exposition aux RF, les trois configurations générant les niveaux d'exposition aux RF les plus élevés doivent être mesurées pour chaque réseau ou sous-réseau.

Pour chaque configuration à mesurer, les résultats de modélisation suivants doivent être consignés dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF :

- illustrations et tracés de la DP sur la surface d'évaluation, avant et après l'application de la moyenne spatiale
- liste sous forme de tableau des valeurs de la DP_p et de la DP_{smc} ainsi que leur position sur la surface d'évaluation

- liste sous forme de tableau des niveaux RMS des champs E et H aux emplacements de la D_{Pp} sur la surface d'évaluation

Le demandeur doit fournir tous les renseignements (voir l'annexe A) relevant de la modélisation, y compris une copie électronique des informations sur la simulation et la modélisation requises pour reproduire les résultats.

Le demandeur est responsable du respect des limites précisées dans le CNR-102, sans égard au modèle informatique utilisé.

Nota : Veuillez noter que le demandeur peut choisir, lorsque cela s'avère raisonnable, d'effectuer l'évaluation complète de la densité de puissance en mesurant toutes les configurations d'antenne possibles (voir la section 8).

7.1. Modèle de conception assistée par ordinateur (CAO)

Le modèle du DSE utilisé pour les calculs doit être équivalent, et idéalement identique au dispositif réel qui sera évalué avec le système de mesure. Le fichier de CAO doit être disponible sur demande d'ISDE dans un format interchangeable comme : *.sat, *.sab, *.step, *.stp, *.stl (pour l'utilisation d'autres formats de fichier, veuillez-vous renseigner auprès d'ISDE pour vous assurer qu'ils sont acceptés). Veuillez noter que les dispositions relatives à la divulgation de renseignements (section 12.4) du document PNR-100, [Homologation des appareils radio et du matériel de radiodiffusion](#) s'appliquent.

Les objets et les couches du fichier CAO doivent être organisés dans un tableau où les propriétés des matériaux et des diélectriques (en fonction de la fréquence conformément à la section 6.2) sont indiquées. Dans la mesure du possible, toutes les pièces conductrices doivent être intégrées au modèle CAO avec leurs propriétés diélectriques associées dépendantes de la fréquence.

La troncature du modèle ou du domaine de calcul du DSE est autorisée pour réduire les ressources de calcul. Lorsqu'un modèle tronqué est utilisé, il faut démontrer et documenter dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF que la troncature a un impact négligeable sur les caractéristiques des RF du modèle du DSE.

7.2. Logiciels de calcul

Les logiciels qui satisfont aux exigences de vérification du code en fonction de la norme 62704-1 de la CEI/IEEE peuvent être utilisés aux fins de la présente procédure supplémentaire. Le logiciel doit être capable de déterminer la densité de puissance telle que définie à la section 4 du présent document.

Si le demandeur souhaite utiliser un logiciel qui ne satisfait pas à ces critères, il doit communiquer avec ISDE **avant** d'entreprendre le processus de certification afin de déterminer si le logiciel proposé est acceptable.

Un résumé du logiciel et de la mise en œuvre des algorithmes du solveur électromagnétique ainsi que les procédures utilisées pour valider ces algorithmes sont requis dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF (voir la section Mise en œuvre et validation des algorithmes à l'annexe A).

7.3. Évaluation informatique

Le DSE doit être modélisé en espace libre et les configurations d'essai doivent être choisies conformément à la section 6 et modélisées de façon appropriée.

La surface d'évaluation doit se situer dans le domaine du calcul. Sinon, le domaine de calcul doit être choisi de manière à ce que le champ réactif du DSE ne soit pas affecté par des conditions limites d'absorption.

Une étude de convergence étayant les paramètres de maillage utilisés doit être communiquée relativement aux critères de convergence choisis. La convergence et les critères ou les conditions pour effectuer la simulation doivent être fournis dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

La DP doit être calculée sur la surface d'évaluation. La DPp doit être identifiée et rapportée dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF. De plus, la DPsmc doit être calculée sur la surface d'évaluation. Lorsque la surface d'évaluation est une surface plane, la zone de calcul de la moyenne doit être un carré, entièrement contenu dans la surface d'évaluation, avec la longueur latérale $L = \sqrt{A_{moy}}$. Lorsque la surface d'évaluation n'est pas plane, l'aire de calcul de la moyenne doit être un cercle de rayon $r = \sqrt{A_{moy}/\pi}$. La puissance traversant la surface est calculée par intégration numérique de la densité de puissance sur la surface moyenne.

7.4. Validation du modèle CAO du DSE

La procédure pour la validation du modèle du DSE de la section 7.3 de la norme 62704-1 de la CEI/IEEE peut être utilisée avec les modifications suivantes :

- La valeur simulée de la DP à chaque position n sur la surface d'évaluation doit être normalisée à la puissance rayonnée. Cette valeur est exprimée par $v_{sim}(n)$.
- La valeur mesurée de la DP à chaque position n sur la surface, obtenue conformément à la section 8 du présent document, doit être normalisée à la puissance rayonnée. Cette valeur est exprimée par $v_{mes}(n)$.
- L'incertitude numérique U_{DP} doit être utilisée plutôt que U_{DAS} pour les évaluations en champ proche. Elle est déterminée comme suit :

$$U_{DP}(\%) = 100 \cdot \text{Max} \left(\frac{|v_{mes}(n) - v_{sim}(n)|}{\text{Max}(v_{mes}(n))} \right)$$

- L'incertitude de mesure U_{mes} est l'incertitude élargie ($k = 2$) du système de mesure dans la bande de fréquences obtenue conformément à la section 9 du présent document.
- À chaque point n où $v_{mes}(n)$ ou $v_{sim}(n)$ est supérieur à 5 % de la valeur $\text{Max}(v_{sim}(n); v_{mes}(n))$ maximale mesurée ou simulée, vérifier si l'écart entre la valeur mesurée au point n , $v_{mes}(n)$, et la valeur simulée, $v_{sim}(n)$, se situe dans l'incertitude combinée de U_{mes} et U_{sim} en évaluant :

$$\xi_n = \sqrt{\frac{(v_{sim}(n) - v_{mes}(n))^2}{(v_{sim}(n) U_{sim(k=2)})^2 + (v_{mes}(n) U_{mes(k=2)})^2}} \leq 1$$

Lorsque $\xi_n > 1$, le modèle du DSE n'est pas dans l'incertitude-type combinée. Le modèle du DSE doit être révisé et réévalué jusqu'à ce que $\xi_n \leq 1$.

8. Mesures

La présente section décrit les exigences concernant les mesures.

8.1. Environnement d'essai

L'environnement d'essai doit être à l'abri de signaux ambiants. Cela ne sera pas toujours possible; au besoin, on peut mesurer le bruit de fond et le déduire des mesures finales. De plus amples renseignements sur le traitement du bruit de fond ambiant sont disponibles dans le document CISPR 16-2-3 : 2016. On s'attend à ce que ceux qui présentent des demandes en vertu de la norme PRS-003 soient en mesure de démontrer que le bruit de fond est traité conformément aux bonnes pratiques techniques.

8.2. Équipement de mesure

Le système de mesure doit être capable d'évaluer la DP_{msc} et la DP_p en champ proche et/ou en champ lointain sur la surface d'évaluation, avec une incertitude connue, dans la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz).

Le système de mesure doit être capable de mesurer le champ E et/ou le champ H, et de calculer la PD et d'effectuer la moyenne spatiale, avec une incertitude connue, à partir des données mesurées à la surface d'évaluation concernée. Des algorithmes de reconstruction peuvent être utilisés pour générer le champ H à partir du champ E (ou vice versa) et/ou d'autres informations sur le champ comme la phase de l'amplitude mesurée. Les champs doivent être affichés selon les unités indiquées au tableau 1 (voir la section 4.3).

8.3. Validation du système et vérification du système

Cette section doit être utilisée en concomitance avec les annexes A, B et C du TR 63170 de la CEI. Les modifications ci-dessous doivent être effectuées pour satisfaire les exigences de la PRS-003.

8.3.1 Validation du système

Le système de mesure doit être étalonné par son fabricant. Une validation du système basée sur les annexes A et C du TR 63170 de la CEI doit être effectuée afin d'assurer que le système aboutit à des résultats qui respectent l'incertitude spécifiée. La validation doit être faite avant que le système soit mis en exploitation, et sur une base annuelle par la suite. Le système doit

également être validé après toutes modifications du logiciel et des composantes de mesure qui peuvent avoir une incidence sur l'évaluation de la densité de puissance (des algorithmes de reconstruction, une ou des sondes et des composantes électroniques).

8.3.2 Vérification du système

La vérification du système est un processus rapide visant à assurer la fiabilité du système. Elle permet de vérifier que le système de mesure fonctionne conformément aux spécifications du fabricant sans défaillance ou écart par rapport aux exigences de rendement. Une vérification du système doit être effectuée par l'utilisateur du système de mesure.

Une fois l'installation du système complétée, une vérification du système de référence en utilisant des sources étalonnées ayant des valeurs cibles traçables est requise. Une vérification du système de référence servira à :

- vérifier que le rendement du système de mesure n'a pas été modifié pendant l'expédition ou l'installation.
- établir une valeur acceptable de vérification du système de référence (absolu) pour permettre au laboratoire d'essai d'évaluer les vérifications du système de routine menées de manière relative.

Les sources indiquées à l'annexe B du TR 63170 de la CEI doivent être utilisées pour la vérification du système de référence. Comme le TR 63170 de la CEI fournit seulement des valeurs cibles à une distance de 150 mm pour les sources de vérification du système, les valeurs cibles obtenues par modélisation ou les valeurs cibles mesurées qui sont énumérées dans le certificat de vérification/d'étalonnage de chaque source peuvent être utilisées comme valeurs cibles pour toutes les autres distances.

Dans la vérification du système de référence, les différences entre les valeurs mesurées de la DPsmc et les valeurs cibles ($\Delta DPsmc_{cible}$) de la source étalonnée sont comprises dans l'incertitude combinée du système de mesure utilisant l'équation suivante :

$$\Delta DPsmc_{cible} = \left| 10 \cdot \log \left(\frac{DPsmc_{mes}}{DPsmc_{cible}} \right) \right|$$

où

- $DPsmc_{mes}$: la DPsmc mesurée, normalisée à 0 dBm de puissance radiée
- $DPsmc_{cible}$: la valeur cible de la DPsmc obtenue par modélisation, normalisée à 0 dBm de puissance radiée

La valeur $\Delta DPsmc_{cible}$ doit être inférieure à deux fois la mesure d'incertitude combinée, exprimée par $u_{combinée}$ et déterminée comme suit :

$$u_{combinée} = \sqrt{(u_{cal_ant}^2 + u_{puissance_ray}^2 + u_{mes}^2)}$$

où

- u_{mes} : Incertitude-type ($k = 1$) pour le système de mesure (étalonnage de la sonde, électronique et positionnement);
- $u_{puissance_ray}$: Incertitude-type ($k = 1$) de la puissance d'antenne rayonnée;
- u_{cal_ant} : Incertitude-type ($k = 1$) de la modélisation numérique et physique de l'antenne étalonnée.

De plus, la valeur de $2 \cdot u_{combinée}$ ne doit pas dépasser 2 dB.

Les vérifications du système subséquentes sont introduites pour vérifier la répétabilité entre les mesures de densité de puissance lorsque l'évaluation de conformité est déclenchée. Une vérification de routine du système est réalisée pour détecter les erreurs de mesure comme une dérive de mesure, les défaillances de composantes et des erreurs de l'opérateur dans la configuration de mesure.

Contrairement à la vérification du système de référence, la source utilisée lors de la vérification de routine du système n'a pas besoin d'être étalonnée. Toutefois, cette source doit être stable. Le résultat de la vérification de routine du système sera comparé à celui de la vérification du système de référence.

L'utilisateur du système de mesure peut décider d'utiliser une source étalonnée pour la vérification de routine du système et utiliser l'information susmentionnée pour déterminer si les résultats de la vérification du système sont valides.

Dans la vérification de routine du système, les différences entre toutes les valeurs mesurées de la DPsmc et les valeurs de référence ($\Delta DPsmc_{référence}$) utilisant la même installation et la même source se situent dans l'incertitude relative combinée du système de mesure utilisant l'équation suivante :

$$\Delta DPsmc_{référence} = \left| 10 \cdot \log \left(\frac{DPsmc_{mes}}{DPsmc_{référence}} \right) \right|$$

où

- $DPsmc_{mes}$: la valeur de la DPsmc mesurée et normalisée à 0 dBm de puissance radiée
- $DPsmc_{référence}$: la valeur cible de la DPsmc obtenue par la source de référence, normalisée à 0 dBm de puissance radiée

La valeur $\Delta DPsmc_{référence}$ doit être inférieure à deux fois la mesure d'incertitude combinée, exprimée par $u_{relative}$ et déterminée comme suit :

$$u_{relative} = \sqrt{(u_{puissance_ray}^2 + u_{mes_relative}^2)}$$

où

- $u_{\text{mes_relative}}$: Incertitude-type ($k = 1$) pour le système de mesure de manière relative (étalonnage de la sonde, électronique et positionnement)
- $u_{\text{puissance_ray}}$: Incertitude-type ($k = 1$) de la puissance d'antenne rayonnée

De plus, la valeur de $2 \cdot u_{\text{relative}}$ ne doit pas dépasser le moindre des deux valeurs suivantes :

- 0,42 dB
- $2 \text{ dB} - \Delta DPsmc_{\text{cible}}$ (obtenue par la vérification du système de référence)

Les vérifications de routine du système doivent être effectuées dans les 24 heures précédant les mesures de densité de puissance. Pour les vérifications de routine du système, la même installation de l'équipement et la même source de vérification du système doivent être utilisées. La même sonde de mesure ainsi que le même système de mesure doivent être utilisés pour mesurer le DSE.

La procédure d'essai et les résultats des vérifications du système doivent être fournis dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

8.4. Configuration du dispositif à l'essai pour effectuer les mesures

Le DSE doit utiliser son émetteur interne, intégré ou raccordé. Les antennes et les accessoires utilisés doivent être spécifiés dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF. La puissance et la fréquence de sortie RF (canal) doivent être contrôlées au moyen d'un programme d'essai interne ou par une liaison sans fil à une station de base ou un simulateur de réseau.

Le DSE doit être réglé pour émettre à son niveau de puissance de sortie RF moyenne dans le temps le plus élevé défini par le mode d'émission ou les exigences de fonctionnement du DSE, compte tenu des spécifications de mise au point et des variations de production. Si cela n'est pas possible ou pratique, l'essai peut être effectué à un niveau de puissance inférieur, puis mis à l'échelle au niveau de puissance le plus élevé. Le facteur d'échelle doit être documenté dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Lorsque le mode de fonctionnement normal comprend la transmission en rafale sans facteur d'utilisation fixe, les essais doivent être effectués en utilisant un facteur d'utilisation fixe contrôlé. Les résultats de la densité de puissance doivent ensuite être mis à l'échelle par rapport au facteur d'utilisation maximal prévu pour ce mode et documentés dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Lorsque le facteur d'utilisation maximal prévu n'est pas bien déterminé ou si un facteur d'utilisation contrôlé fixe est difficile à générer, un mode de fonctionnement disponible doit être utilisé. Une mise à l'échelle appropriée doit ensuite être choisie et documentée dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Le DSE doit être configuré conformément à la section 6 pour reproduire les conditions les plus défavorables. L'utilisation de logiciels fournis par le fabricant est permise à ces fins, à condition d'être documenté dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

Les câbles ne devraient pas être attachés au DSE pendant les tests, car ils peuvent modifier la distribution de courant RF associée. Toutefois, si des câbles attachés sont nécessaires pour la configuration opérationnelle prévue, ils doivent être positionnés de manière à produire des résultats de densité de puissance conservateurs, et le positionnement doit être documenté dans le mémoire technique d'exposition aux RF.

Lorsqu'un DSE ne doit être utilisé qu'avec une source d'alimentation externe, le câblage fourni par le fabricant doit être utilisé pour le raccordement à une source d'alimentation appropriée. Lorsqu'une batterie est la source d'alimentation prévue, elle doit être complètement chargée avant la prise de mesures et il ne doit pas y avoir d'alimentation électrique externe. Une seule charge de la batterie peut être utilisée pour une séquence de mesures tant que la dérive est évaluée et que les valeurs de densité de puissance sont corrigées en conséquence. La section 6.1.3.2 de la norme 62209-2 de la CEI, bien qu'elle porte sur le DAS, fournit des orientations supplémentaires.

8.5. Mesure de la densité de puissance

Cette section contient des renseignements détaillés sur la mesure de la densité de puissance.

8.5.1 Surface d'évaluation dans la région du champ éloigné

Dans la zone de champ lointain d'une source électromagnétique, le champ E, le champ H et la densité de puissance sont liés suivant des expressions mathématiques simples, où chacun de ces paramètres définit les deux autres.

$$\eta = \frac{E}{H}$$
$$S_{eq} = \frac{E^2}{\eta} = H^2 \eta$$

où

- S_{eq} : la densité de puissance équivalente en ondes planes, en watts par mètre carré (W/m^2)
- η : l'impédance caractéristique de l'espace libre (377Ω)

Par conséquent, seule l'amplitude du champ E ou du champ H doit être mesurée sur la surface d'évaluation pour obtenir la densité de puissance adéquate. La densité moyenne de puissance spatiale peut être exprimée comme suit :

$$S_{moy}(r) = \frac{1}{2\eta A_{moy}} \iint_{A_{moy}} |E|^2 dA = \frac{\eta}{2A_{moy}} \iint_{A_{moy}} |H|^2 dA$$

La formule ci-dessus est valide seulement à une distance minimale de l'antenne, distance qui varie en fonction de la dimension de l'antenne (voir le tableau 1 du TR 63170 de la CEI). Pour une antenne où D (plus grande dimension linéaire) se situe en dessous de $\lambda/3$, la distance à laquelle la S_{eq} est prise en compte est de $1,6\lambda$. Lorsque D est compris entre $\lambda/3$ et $2,5\lambda$, la distance est $5D$. Au-dessus de $2,5\lambda$, S_{eq} est considéré à une distance de $2D^2/\lambda$.

8.5.2 Surface d'évaluation dans la zone du champ proche

En général, l'évaluation de la densité de puissance se fait à une courte distance du DSE et de la ou des sources d'émission. Dans ces situations, les champs électrique et magnétique doivent être évalués. Notez que l'utilisation d'algorithmes de reconstruction est autorisée pour dériver les champs de la surface de mesure vers la surface d'évaluation et dériver le champ magnétique du champ électrique (ou vice versa).

Les étapes décrites à la section 6.4.2 du TR 63170 de la CEI doivent être suivies pour mesurer la densité de puissance. Voici quelques précisions sur ces étapes :

- a. Aucun changement. On prend le niveau de référence du champ E ou du champ H sur la surface de mesure.
- b. Aucun changement. L'étape b) contient aussi une bonne information de base.
- c. La valeur de l'échelon de base de mesure d'antenne dans un plan est généralement inférieure ou égal à $\lambda/4$ et une résolution spatiale plus faible peut être nécessaire lorsque les mesures sont acquises dans des régions où les modes évanescents ne sont pas négligeables.
- d. Lorsqu'un seul champ (champ E ou champ H) est mesuré, l'autre champ est dérivé à l'aide des algorithmes de reconstruction.
- e. Lorsqu'un balayage sur la zone de mesure prend trop de temps, des techniques de balayage rapide peuvent être utilisées pour réduire le temps total de mesure afin de déterminer l'emplacement relatif de la DPsmc. Une approche consiste à effectuer deux balayages :
 - i. Le premier – un balayage rapide – peut être effectué en déplaçant la sonde de champ sur toute la zone de mesure.
 - ii. Le second – un balayage complet – doit être effectué sur la région indiquée en i. ci-dessus, qui contient les champs élevés (c.-à-d. les champs qui sont dans un interval de 17 dB du champ maximal).
- f. La S_{moy} doit être calculée sur la surface d'évaluation et la DPsmc doit être évaluée :
 - i. La DPsmc ne doit pas se trouver à l'extrémité de la surface d'évaluation.
 - ii. Si la DPsmc se trouve à l'extrémité, un deuxième balayage doit être effectué en déplaçant la surface d'évaluation ou en élargissant la surface d'évaluation initiale.

Si les critères du point i. ou du point ii. ne sont pas respectés, la zone de mesure doit être élargie et le processus répété depuis l'étape b).

- g. La même mesure qu'à l'étape a) est prise pour évaluer la dérive de puissance du DSE. Cette dérive peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Dérive de puissance} = \left| \frac{Ref_1^2 - Ref_2^2}{Ref_1^2} \right| \cdot 100\%$$

où

$Ref_{1,2}$ correspond aux valeurs de référence du champ E ou du champ H déterminées aux étapes a) et g), respectivement.

La dérive doit normalement être inférieure à 5 % et être prise en compte dans le bilan d'incertitude. Toutefois, les dérives supérieures à 5 % doivent être prises en compte et une justification doit être fournie dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF. Afin d'assurer une valeur prudente de la S_{moy} résultante, les dérives ne sont pas soustraites des évaluations de la S_{moy} évaluée.

- h. Les valeurs de densité de puissance spatiale de crête, la S_{moy} et de la DPsmc dans le plan d'évaluation doivent être mises à l'échelle par rapport à la tolérance de mise au point maximale du DSE et documentées dans le mémoire technique sur l'exposition aux RF.

8.5.3 Mesure de dispositifs ayant plusieurs antennes ou plusieurs émetteurs

Lorsqu'un mode de fonctionnement permet d'effectuer plusieurs transmissions simultanément dans des bandes autres que la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 GHz à 71 GHz), ce mode de fonctionnement doit également être testé à l'aide des procédures décrites dans le [CNR-102](#) et/ou la PRS-002, [Procédure supplémentaire pour l'évaluation de la conformité aux limites d'exposition relatives à la stimulation des nerfs énoncées dans le CNR-102](#).

Lorsqu'ils fonctionnent à des fréquences différentes, les champs générés par plusieurs antennes ne sont jamais corrélés. Une façon prudente d'évaluer la conformité aux limites basées sur le DAS est d'évaluer le ratio d'exposition total (RET) correspondant, qui peut être exprimé comme suit :

$$RET_{DAS} = \sum_{n=1}^N RE_{DAS,n} + \sum_{m=1}^M RE_{DP,m} + \sum_{k=1}^K RE_{EH-DAS,k}$$

où

- RET_{DAS} est le RET basé sur le DAS;
- N est le nombre total d'émetteurs pour lesquels une évaluation du DAS a été effectuée;

- $RE_{DAS,n}$ est la contribution du rapport d'exposition du n -ième émetteur pour lequel une évaluation du DAS a été effectuée;
- M est le nombre total d'émetteurs pour lesquels une évaluation de la densité de puissance a été effectuée;
- $RE_{DP,m}$ est la contribution du rapport d'exposition du m -ième émetteur pour lequel une évaluation de la densité de puissance a été effectuée;
- K est le nombre total d'émetteurs pour lesquels une évaluation par rapport aux niveaux de référence du DAS pour les champs E et H incidents a été effectuée;
- $RE_{EH-DAS,k}$ est la contribution du rapport d'exposition du k -ième émetteur pour lequel une évaluation par rapport aux niveaux de référence SAR pour les champs E et H incidents a été effectuée.

Le rapport d'exposition résultant d'une évaluation du DAS peut être exprimé comme suit :

$$RE_{DAS,n} = \frac{DAS_n}{DAS_{RB,n}}$$

où

- DAS_n est la valeur du DAS pour le n -ième émetteur;
- $DAS_{RB,n}$ est la restriction de base pour le DAS qui est applicable au n -ième émetteur.

Pour les émetteurs fonctionnant au-dessus de 6 GHz, il est nécessaire d'effectuer une évaluation par rapport aux niveaux de référence pour la DP. Le rapport d'exposition pour le m -ième émetteur de ce type est obtenu par la formule suivante :

$$RE_{DP,m} = \begin{cases} \frac{DPsmc_m}{DPsmc_{NR,m}}, & f_m \leq 30 \text{ GHz} \\ \max \left[\frac{DPsmc_m}{DPsmc_{NR,m}}, \frac{DPp_m}{DPp_{NR,m}} \right], & f_m > 30 \text{ GHz} \end{cases}$$

où

- $DPsmc_m$ est la valeur DPsmc du m -ième émetteur
- $DPsmc_{NR,m}$ est le niveau de référence applicable pour le m -ième émetteur
- f_m est la fréquence d'opération du m -ième émetteur
- DPp_m est la densité de puissance du m -ième émetteur
- $DPp_{NR,m}$ est le niveau de référence de la densité de puissance du m -ième émetteur

Lors de la prise en compte des contributions des émetteurs fonctionnant au-dessous de 10 MHz, il est nécessaire d'effectuer une évaluation par rapport aux niveaux de référence SAR pour les

champs E et/ou H incidents. Le rapport d'exposition correspondant est obtenu par la formule suivante :

$$RE_{EH-DAS,k} = \begin{cases} \left(\frac{H_{DAS,k}}{H_{NR-DAS,k}} \right)^2, & 100 \text{ kHz} \leq f_k < f_{env} \\ \max \left[\left(\frac{E_{DAS,k}}{E_{NR-DAS,k}} \right)^2, \left(\frac{H_{DAS,k}}{H_{NR-DAS,k}} \right)^2 \right], & f_{env} \leq f_k < 10 \text{ MHz} \end{cases}$$

où

- $H_{DAS,k}$ est la valeur efficace (RMS) du champ H incident du k -ième émetteur, moyenné dans le temps conformément à une évaluation basée sur le DAS;
- $H_{NR-DAS,k}$ est le niveau de référence basé sur le DAS pour le champ H incident qui est applicable au k -ième émetteur;
- f_k est la fréquence d'opération du k -ième émetteur;
- $E_{DAS,k}$ est la valeur RMS du champ E incident du k -ième émetteur, moyenné dans le temps conformément à une évaluation basée sur le DAS;
- $E_{NR-DAS,k}$ est le niveau de référence basé sur le DAS pour le champ E incident qui est applicable au k -ième émetteur;
- f_{env} est 1,10 MHz lorsqu'il s'agit des limites pour un environnement non contrôlé et 1,29 MHz quand il s'agit d'un environnement contrôlé, conformément au Code de sécurité 6 de Santé Canada.

La conformité aux limites d'exposition RF basées sur le DAS est démontrée si $RET_{DAS} \leq 1$. Les situations où le RET dépasse l'unité doivent être signalées à ISDE. Des méthodes alternatives tenant compte des évaluations point par point peuvent être envisagées au cas par cas. Le RET doit être documenté dans le dossier technique sur l'exposition aux RF.

Il est également important de démontrer le respect des limites d'exposition pour éviter la stimulation nerveuse. Cependant, l'évaluation est effectuée séparément et les taux d'exposition en résultant ne sont pas ajoutés au RET_{DAS} .

9. Évaluation des incertitudes

La présente section fournit des précisions sur les bilans d'incertitude.

9.1. Incertitude de la modélisation informatique

Le demandeur doit fournir les bilans d'incertitude de la modélisation informatique. Le tableau détaillé du bilan d'incertitude figurant à la section 7.4 de la norme 62704-1 de la CEI/IEEE peut être utilisé pour ce qui est de l'aspect numérique, avec les modifications suivantes :

- L'évaluation des diélectriques fantômes doit être remplacée par une évaluation des paramètres diélectriques du DSE.
- L'impact des conducteurs dissipatifs doit être évalué. Pour ce faire, on peut évaluer la conductivité minimale et maximale de tous les conducteurs du DSE à l'aide de leurs spécifications d'incertitude publiées. L'écart doit être indiqué dans le bilan d'incertitude à l'aide d'une distribution de probabilités rectangulaire.
- L'incertitude associée à la technique de maximisation doit être ajoutée au bilan d'incertitude numérique total.

9.2. Mesures

Le demandeur doit fournir les bilans d'incertitude pour les mesures d'essais. Outre les éléments d'incertitude mentionnés au paragraphe 7.3 du TR 63170 de la CEI, on doit également tenir compte des éléments suivants :

- L'incertitude associée à la réponse en fréquence, au couplage croisé des capteurs, à la dépendance de l'impédance de champ, à l'électronique de lecture et au temps de réponse des sondes de champ. Le fabricant du système de mesure doit fournir les moyens de déterminer ces composantes d'incertitude
- L'incertitude introduite par l'échelle de densité de puissance
- L'incertitude du calcul de la moyenne spatiale
- L'incertitude spatiale de crête

10. Mémoire technique sur l'exposition aux radiofréquences

Le mémoire technique sur l'exposition aux RF doit comprendre tous les renseignements requis pour reproduire les résultats des simulations et des mesures, y compris les renseignements nécessaires concernant les configurations, les méthodes et les instruments. L'annexe A contient une liste exhaustive des renseignements requis.

Si des mesures du DAS ou de la stimulation des nerfs étaient également requises pour évaluer la pleine conformité du DSE, les exigences de déclaration doivent inclure les éléments énoncés dans d'autres normes applicables de la CEI, y compris toute exigence de déclaration supplémentaire indiquée à l'annexe E du [CNR-102](#) ou dans la [PRS-002](#).

Annexe A : Renseignements à fournir aux fins de l'évaluation de la densité de puissance

Cette annexe présente la liste exhaustive des renseignements devant être inclus dans le mémoire technique sur l'exposition aux radiofréquences afin de démontrer la conformité aux limites de la densité de puissance (DP) s'appliquant aux dispositifs portatifs exploités dans la bande de fréquences de 60 GHz (de 57 à 71 GHz).

Les sections A1 et A2 présentent, respectivement, les renseignements à déclarer pour effectuer la modélisation informatique et prendre les mesures.

A1 : Renseignements à déclarer pour effectuer la modélisation informatique
1) Ressources de calcul
Résumé des ressources de calcul utilisées pour effectuer la modélisation de la densité de puissance (DP) s'appliquant au modèle du dispositif soumis à l'essai (DSE)
Résumé des exigences minimales de modélisation pour reproduire les résultats de l'évaluation
2) Mise en œuvre et validation des algorithmes
Résumé du logiciel et de la mise en œuvre du solveur électromagnétique applicables à l'évaluation particulière de la DP, y compris les conditions des limites d'absorption, les méthodes d'excitation des sources, les méthodes de traitement de fils métalliques minces, de feuilles ou de matériaux diélectriques, etc.
Descriptions des procédures ayant servi à la validation des algorithmes de calcul de base et à l'analyse de la précision des calculs fondés sur ces algorithmes servant à l'évaluation particulière de la DP
3) Paramètres de calcul
Liste sous forme de tableau des paramètres de calcul tels que : 1) durée de la simulation 2) dimensions du domaine de calcul 3) maillage, y compris la valeur maximale de l'échelon de maillage 4) convergence et critères ou conditions pour l'achèvement de la simulation 5) conditions limites 6) séparation du modèle du DSE des limites absorbantes 7) tout autre paramètre essentiel relatif aux exigences en matière de configuration informatique pour effectuer l'évaluation de la DP
Description des procédures ayant servi au traitement de l'efficacité des calculs et de la précision de la modélisation s'appliquant au modèle du DSE
4) Mise en œuvre et validation des modèles d'émetteur
Description des éléments essentiels qu'il faut modéliser correctement pour que le modèle particulier du DSE soit valide
Descriptions et illustrations montrant la correspondance entre le DSE modélisé et le dispositif réel en ce qui concerne la forme, la taille, les dimensions et les caractéristiques de rayonnement dans le champ proche
Vérification visant à déterminer que le modèle du DSE est équivalent au dispositif réel en vue de la prévision des répartitions de la DP

Vérification visant à déterminer les répartitions de la DP aux canaux supérieurs, moyens et inférieurs, similaires à ceux qui sont entrés en ligne de compte dans les mesures de la DP en vue de la détermination de la valeur la plus élevée de la DP
5) Paramètres diélectriques
Liste sous forme de tableau des paramètres diélectriques, incluant une description, à la fois pour le DSE et pour les domaines de calculs
Vérification visant à établir que les paramètres diélectriques utilisés dans les calculs de la DP sont appropriés en vue de la détermination de l'exposition la plus élevée à laquelle on peut s'attendre pour produire un fonctionnement normal du dispositif
6) Procédures de terminaison en régime permanent
Description des critères et des procédures ayant servi à établir que des conditions sinusoïdales de régime permanent ont été atteintes dans l'ensemble du domaine de calcul pour mettre fin aux calculs
Déclaration du nombre d'intervalles de temps ou de cycles sinusoïdaux écoulés avant l'atteinte du régime permanent
Description de la marge d'erreur prévue des procédures de terminaison
7) Positionnement de la surface d'évaluation et du dispositif d'essai
Justification et description des positions d'essai du DSE utilisées dans les calculs de la DP
Illustrations montrant les plans d'évaluation et les distances de séparation entre le modèle du DSE et le système de mesure s'appliquant aux configurations testées
8) Calcul de la DP spatiale de crête à partir des composants des champs
Description des procédures utilisées pour calculer les maximums sinusoïdaux des champs E, H et S_{moy} à point unique sur le plan d'évaluation
Description des procédures utilisées pour trouver la valeur la plus élevée de la DP spatiale de crête
Description de la marge d'erreur prévue des algorithmes ayant servi au calcul de la DP à chaque emplacement conformément au paramètre diélectrique et aux composants choisis du champ
Description de la marge d'erreur attendue par les algorithmes utilisés dans le calcul de la DP spatiale de crête
9) Procédures pour établir la DP spatiale moyenne de crête
Description des procédures ayant servi à la recherche de la valeur la plus élevée de la DP spatiale moyenne de crête (DP _{smc}), y compris les procédures de traitement des tissus hétérogènes à l'intérieur de quatre centimètres carrés (4 cm ²)
Description de la marge d'erreur prévue des algorithmes ayant servi au calcul de la DP _{smc}
10) Incertitude de calcul totale
Description de la marge d'erreur et de l'incertitude de calcul prévues à l'égard du modèle du DSE, des algorithmes numériques et des configurations d'essai, etc.
11) Résultats de l'incertitude de calcul totale
Description de la façon dont la sortie nominale maximale du dispositif est déterminée ayant servi à la normalisation des valeurs de la DP s'appliquant à chaque configuration d'essai
Illustrations et tracés de la DP sur la surface d'évaluation, avant et après l'application de la moyenne spatiale, pour chaque configuration d'essai à mesurer
Liste sous forme de tableau des valeurs de la DP spatiale de crête et de la DP _{smc} ainsi que leur position sur la surface d'évaluation

Liste sous forme de tableau des niveaux RMS des champs E et H à chaque emplacement de la DPp
12) Renseignements sur l'antenne
Efficacité de l'antenne à la fréquence correspondante
Le gain en champ lointain en dB à la fréquence correspondante
Le champ lointain doit être indiqué conformément à l'annexe B sur l'angle solide évalué avec la valeur de l'échelon de 5 degrés avec phi (ϕ) et thêta (θ)
13) Impédance du point d'alimentation ou coefficient de réflexion d'entrée
L'impédance du point d'alimentation complexe ou le coefficient de réflexion doivent être indiqués conformément à l'annexe B (dans une gamme de fréquences de ± 5 GHz et avec une valeur d'échelon maximale de 50 MHz)

A2 : Renseignements à déclarer pour effectuer les mesures
1) Système de mesure et description de l'emplacement
Brève description du système de mesure de la DP
Brève description du montage d'essai
Préciser toute autre procédures de configurations d'essai reconnues par ISDE qui ne sont pas prévues dans le TR 63170 de la CEI conformément à la section 6.1
2) Étalonnage de la sonde de champ électrique et/ou magnétique
Description de la sonde, de ses dimensions, du décalage des capteurs et d'autres éléments
Description de l'incertitude de mesure de la sonde
Date du dernier étalonnage
3) Vérification du système de mesure de la DP
Description de la procédure de vérification du système, y compris les méthodes ou les calculs non normalisés utilisés pour déterminer la ou les valeurs cibles de la vérification du système
Brève description de la source rayonnante RF servant à la vérification du rendement du système DP dans la gamme de fréquences de fonctionnement du dispositif d'essai
Notes concernant la puissance rayonnée, la DP spatiale de crête et la DP _{smc} s'appliquant aux configurations d'essai des cibles mesurées et prévues
Notes concernant l'erreur absolue en dB entre les valeurs cibles mesurées et attendues ainsi qu'une description détaillée et une documentation à l'appui de la façon dont les valeurs cibles ont été calculées
Liste des composants d'erreur qui contribuent à l'incertitude de mesure totale
4) Positionnement des dispositifs
Description du support diélectrique ou des mécanismes similaires servant à positionner le DSE dans des configurations d'essai précises
Description des procédures de positionnement servant à l'évaluation de l'exposition la plus élevée prévue dans des configurations de fonctionnement normal
Photos, croquis et illustrations montrant les positions du dispositif par rapport au système de mesure, y compris les angles et les distances de séparation, le cas échéant
Description des positions de fonctionnement de l'antenne (déployée, rentrée, rangée ou autre position) et des configurations mises à l'essai durant l'évaluation de la DP
5) Emplacements de la DP spatiale de crête

Description des procédures générales de résolution et de balayage de la surface ou de la zone ayant servi à la recherche de tous les emplacements possibles de la DP spatiale de crête
Description des procédures des algorithmes de reconstruction utilisées en vue de la détermination des emplacements de la DP spatiale de crête à une résolution spatiale fine
Description, illustration et diagrammes de distribution de la DP montrant les emplacements de la DP spatiale de crête
Identification des emplacements de la DP spatiale de crête utilisés pour évaluer la DP _{smc}
6) Procédures pour établir la DP spatiale moyenne de crête
Description des procédures de résolution fine, de volume ou de balayage par zoom ayant servi à la détermination de la valeur la plus élevée de la DP _{smc} dans la zone de calcul de la moyenne
Description des procédures des algorithmes de reconstruction utilisés pour estimer la valeur de la DP de la surface de mesure à la surface d'évaluation
7) Incertitude de mesure totale
Liste sous forme de tableau des composants d'erreur et des valeurs d'incertitude contribuant à l'incertitude de mesure totale
Incetitude standard combinée et incetitude élargie (pour $k = 2$) de chaque mesure
8) Réduction du nombre d'essais
Toute l'information, y compris la description (avec dessins et photos, si nécessaire) et la justification des procédures de réduction du nombre d'essais utilisées
9) Résultats d'essais pour déterminer la conformité à la DP
Un tracé de la valeur la plus élevée de la DP pour chaque configuration d'essai (gauche, droite, joue, inclinaison/oreille, déploiement, repli ou autre position) si les canaux mis à l'essai pour chaque configuration ont une DP similaire; sinon, inclure des tracés additionnels pour documenter les différences
Les valeurs mesurées de la S_{moy} documentées dans un tableau en ce qui concerne les configurations d'essai. La S_{moy} déclarée doit être mise à l'échelle par rapport à la tolérance de mise au point maximale du DSE
Notes concernant la DP _{smc} et la DP utilisées pour déterminer la conformité à la DP

Annexe B : Renseignements spécifiques pour calculer la densité de puissance

Cette annexe présente des renseignements spécifiques pour le calcul de la densité de puissance.

B.1. Modèles de champ lointain

Le champ E complexe du modèle de champ lointain doit être enregistré selon le format suivant (valeurs séparées par une virgule ou une espace et une entrée par ligne) :

$I, j, \phi, \theta, E_{\phi r}, E_{\phi i}, E_{\theta r}, E_{\theta i}$

où

- i et j sont les indices rectilignes des points nodaux correspondant aux coordonnées ϕ et θ sur l'angle solide
- ϕ et θ sont les coordonnées ϕ et θ sur l'angle solide en radians
- $E_{\phi r}$ et $E_{\phi i}$ sont les parties réelles et imaginaires de la composante ϕ du champ E
- $E_{\theta r}$ et $E_{\theta i}$ sont les parties réelles et imaginaires de la composante θ du champ E

B.2. Impédance du point d'alimentation

L'impédance du point d'alimentation doit être enregistré selon le format suivant (valeurs séparées par une virgule ou une espace et une entrée par ligne) :

f, Z_r, Z_i

où

- f est la fréquence en GHz
- Z_r et Z_i sont les parties réelles et imaginaires de l'impédance du point d'alimentation en Ω

B.3. Coefficient de réflexion

Le coefficient de réflexion doit être enregistré selon le format suivant (valeurs séparées par une virgule ou une espace et une entrée par ligne) :

$f, |S_{11}|$

où

- f est la fréquence en GHz
- $|S_{11}|$ est la valeur absolue du coefficient de réflexion d'entrée en dB

Annexe C : Bibliographie

Les documents suivants (en anglais seulement) ont été consultés lors de la préparation de cette procédure supplémentaire :

Commission électrotechnique internationale/Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEC/IEEE 63195-1, *Measurement procedure for the assessment of power density of human exposure to radio frequency fields from wireless devices operating in close proximity to the head and body – Frequency range of 6 GHz to 300 GHz*
(document provisoire)

Commission électrotechnique internationale/Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEC/IEEE 63195-2, *Determining the power density of the electromagnetic field associated with human exposure to wireless devices operating in close proximity to the head and body using computational techniques, 6 GHz to 300 GHz*
(document provisoire)