

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2452-0
(06/2019)

**Mesure des champs électromagnétiques
pour évaluer l'exposition des personnes**

Série SM
Gestion du spectre



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Rapports UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REP/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre

Note: Ce Rapport UIT-R a été approuvé en anglais par la Commission d'études aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2020

© UIT 2020

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RAPPORT UIT-R SM.2452-0

**Mesure des champs électromagnétiques pour
évaluer l'exposition des personnes**

(2019)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	2
2 Cadre réglementaire.....	2
2.1 Guide 1998 de la CIPRNI sur les champs autour des émetteurs: niveaux de référence	2
2.2 Cartographie des champs électriques calculés autour des émetteurs.....	5
3 Guide pratique des mesures EMF permettant d'évaluer l'exposition des personnes	7
3.1 Principes du processus de mesure visant à évaluer les champs EMF.....	7
3.2 Instruments de mesure comportant des fonctionnalités propres à l'évaluation des champs électromagnétiques.....	10
3.3 Réduire le nombre de points de mesure dans l'espace.....	13
3.4 Réduire le temps d'observation et extrapoler vers l'exposition maximale.....	15
3.5 Evaluation de l'exposition à des services particuliers.....	15
4 Références	17
5 Glossaire et abréviations.....	19

1 Introduction

En raison de la multiplication d'installations hertziennes de tous types partout dans le monde, il devient nécessaire d'effectuer des mesures minutieuses autour de celles-ci. La Question UIT-R 239/1 est intitulée «Mesure des champs électromagnétiques pour évaluer l'exposition des personnes». La Résolution 176 (Rév. Dubaï, 2018) de la Conférence de plénipotentiaires est intitulée «Problèmes de mesure et d'évaluation liés à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques». Le paragraphe 5.6 du Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre (édition 2011) contient des informations détaillées sur la mesure des rayonnements non ionisants. Les limites d'exposition aux champs électromagnétiques (EMF) sont mises en œuvre au niveau national. Ces limites sont différentes selon qu'elles s'appliquent au grand public ou aux travailleurs se trouvant dans des zones à proximité d'installations hertziennes. La Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) et l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) ont constitué des groupes d'experts chargés de définir les niveaux d'exposition admissibles; les administrations sont encouragées à suivre les lignes directrices que ces groupes ont établies ou les limites fixées par leurs propres experts. Il convient d'évaluer la conformité aux limites EMF en tenant compte du fait que la densité de puissance et l'intensité du champ sont agrégées à partir de sources différentes. Les niveaux d'exposition doivent aussi être évalués dans le champ proche d'installations hertziennes, ainsi que dans des zones accessibles au public (travailleurs ou grand public, selon le cas). Par ailleurs, il se peut que les installations hertziennes n'émettent pas à leur puissance maximale théorique au moment de la mesure; il faut donc ajuster les mesures pour tenir compte de leur puissance d'émission maximale lors de l'évaluation de conformité. Il peut être nécessaire d'effectuer des mesures séparées du champ E et du champ H, en particulier en champ proche, où les comportements sont différents des comportements en champ lointain. Il se peut que les résultats des mesures soient présentés sous des formats différents en fonction de l'utilisation prévue et du public potentiel. La conformité d'équipements d'utilisateur portatifs tels que les téléphones mobiles et les ordinateurs portables, qui sont employés à proximité de la tête ou du corps, ne relève pas du domaine d'application du présent Rapport.

Si la CIPRNI a établi des limites en vue de protéger le public, les préoccupations liées aux effets des champs électromagnétiques ont encouragé certains pays à prendre des mesures pour observer et réduire la densité de puissance et l'intensité des champs d'émission. Il est nécessaire de partager les bonnes pratiques en matière de surveillance de ces effets pour aider les administrations à vérifier la conformité des champs aux limites fixées par la CIPRNI.

2 Cadre réglementaire

2.1 Guide 1998¹ de la CIPRNI sur les champs autour des émetteurs: niveaux de référence

Selon le Guide 1998 de la CIPRNI (page 495), «[s]i la valeur mesurée ou calculée dépasse le niveau de référence, il ne s'ensuit pas nécessairement que la restriction de base soit dépassée. Toutefois, tout dépassement du niveau de référence impose de vérifier le respect de la restriction de base correspondante et de déterminer si des mesures de protection complémentaires sont nécessaires».

¹ La CIPRNI et l'IEEE ont entrepris de revoir leurs limites EMF. D'autres limites d'exposition peuvent être applicables selon les politiques et procédures mises en place par différents organismes de réglementation nationaux.

Les niveaux de référence fixés par la CIPRNI en 1998 et par l'IEEE dans le Document C95.1-2005² sont acceptés dans un certain nombre de pays, et les seuils d'exposition nationaux sont comparés à ces niveaux de référence.

Les Tableaux 6 et 7 établis par la CIPRNI en 1998 indiquent les seuils d'exposition définis. On trouvera dans les tableaux et figures ci-après les niveaux de référence définis par la CIPRNI pour différentes fréquences; ces valeurs concernent à la fois l'exposition du grand public et celle des professionnels. Les lignes directrices reposent sur une durée moyenne de six minutes. En-dessous de 10 MHz (longueur d'onde de 30 mètres), les effets sur le corps humains sont majoritairement dus aux conditions de champ proche, et les niveaux de référence employés concernent principalement le champ électrique (V/m). Entre 10 MHz et 300 GHz, les restrictions de base sont également fixées pour la densité de puissance (W/m²). Le niveau de densité de puissance auquel le grand public peut être exposé est cinq fois inférieur au niveau autorisé pour les travailleurs.

TABLEAU 1
Niveaux de référence de la CIPRNI (1998)
pour l'exposition professionnelle et l'exposition publique

Gamme de fréquences	Champ électrique (V/m) <i>f</i> : fréquence		Densité de puissance de l'onde plane équivalente S_{eq} (W/m ²)	
	Publique	Professionnelle	Publique	Professionnelle
1-25 Hz	10 000	20 000	Limites de densité de puissance non applicables	
0,025-0,82 kHz	$250/f$ (kHz)	$500/f$ (kHz)		
0,82-3 kHz	$250/f$ (kHz)	610		
3-1 000 kHz	87	610		
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$ (MHz)	$610/f$ (MHz)		
10-400 MHz	28	61	2	10
400-2 000 MHz	$1.375f^{1/2}$ (MHz)	$3f^{1/2}$ (MHz)	$f/200$	$f/40$
2-300 GHz	61	137	10	50

² Les valeurs d'exposition définies par l'IEEE dans le Tableau 9 du Document C95.1-2005 sont analogues aux niveaux fixés par la CIPRNI en 1998 ($f_{MHz}/200$ W/m²); à 10-400 MHz le champ électrique (E) défini par l'IEEE et la FCC est de 27,5 (V/m), alors que la CIPRNI l'a fixé en 1998 à 28 (V/m). L'IEEE propose une équation supplémentaire au-dessus de 100 GHz: $\{(90 \times f_{GHz} - 7,000)\}/200$ W/m².

FIGURE 1³

Niveaux de référence de la CIPRNI (1998) pour l'exposition professionnelle et l'exposition publique à des champs électriques

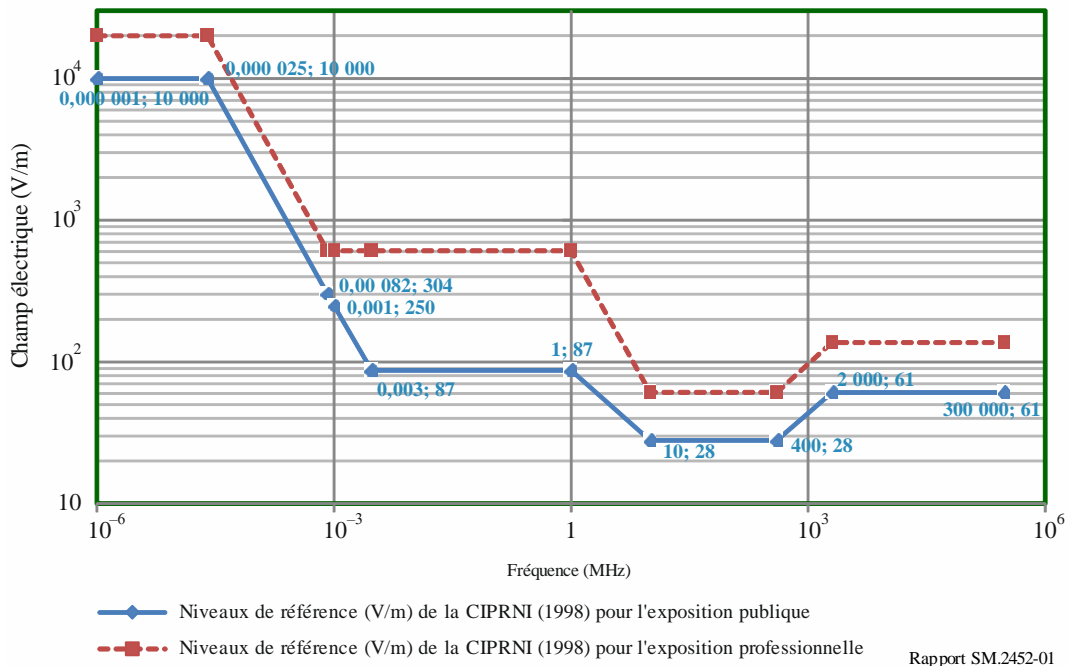
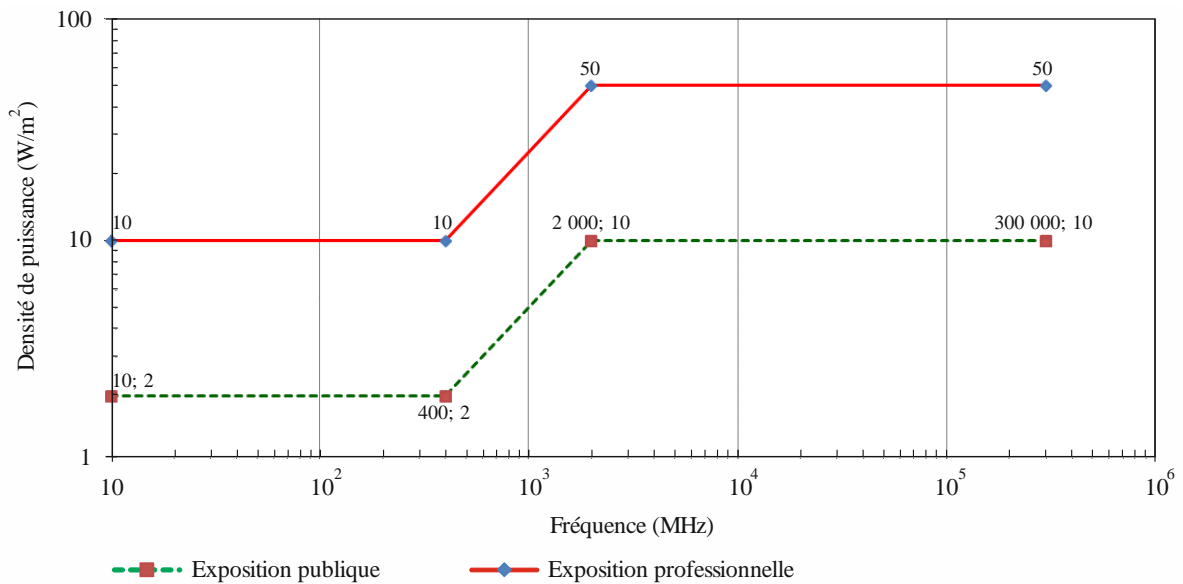


FIGURE 2

Niveaux de référence de la CIPRNI (1998) pour la densité de puissance; au-dessus de 10 MHz uniquement



³ Voir Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques, Chapitre 9. Mazar, H. (http://mazar.atwebpages.com/Downloads/Chapter9RF-EMF_HumanHazards_Mazar2019.pdf).

2.2 Cartographie des champs électriques calculés autour des émetteurs

2.2.1 Définitions, calcul en espace libre et hypothèses

- p_t : puissance de l'émetteur (watts)
- g_t : gain d'antenne de l'émetteur (numérique)
- p.i.r.e.⁴: puissance isotrope rayonnée équivalente (watts)
- d : distance à partir de l'émetteur (mètres)
- e : champ électrique (FS) en Volt/mètre (V/M).

L'affaiblissement de propagation en espace libre est donné par
$$e = \frac{\sqrt{30 eirp}}{d} \quad \text{et} \quad d = \frac{\sqrt{30 eirp}}{e} .$$

A titre d'exemple, si l'on ignore les bâtiments et autres obstacles, et dans des conditions de propagation en espace libre, la distance de sécurité pour une p.i.r.e. de 60 kW est de 45 m pour 30 V/m (le niveau de référence d'exposition du grand public étant à 482 MHz), et de 20 m pour 66 V/m (niveau de référence d'exposition professionnelle). Si l'on tient compte de la topologie et des bâtiments, et dans les conditions d'un affaiblissement dû à la propagation en espace non libre, la distance de sécurité calculée est plus faible.

Dans les simulations suivantes, le modèle de propagation tient compte de l'affaiblissement dû aux bâtiments.

On forme hypothèse que l'altitude du récepteur au-dessus du niveau du sol (AGL) est de 1,5 m, sauf pour les liaisons point à point. Les figures indiquent les valeurs des champs électriques (V/m); ainsi, à 482 MHz, nous obtenons 5, 15, 30 V/m (niveau de référence de la CIPRNI pour le grand public), 45 et 66 V/m (niveau de référence pour les professionnels).

Les calculs effectués sont les suivants:

- 3D: couverture en trois dimensions des façades des bâtiments pour une hauteur d'antenne de réception variant entre 1 m et le sommet des toits. La puissance la plus élevée reçue sur chaque bâtiment détermine la couleur du champ électrique de l'ensemble du bâtiment.
- 2D: en deux dimensions, la procédure est semblable à celle de la 3D, mais le résultat est représenté comme s'il était vu en 2D depuis le haut.

2.2.2 Calcul du champ électrique autour d'émetteurs de télévision numérique

L'analyse suivante concerne le canal 22 en ondes décimétriques (dans la Région 1):

- 478-486 MHz (RF centrale 482 MHz);
- p.i.r.e. de l'émetteur: 60 000 Watts;
- 60 m au-dessus du niveau du sol.

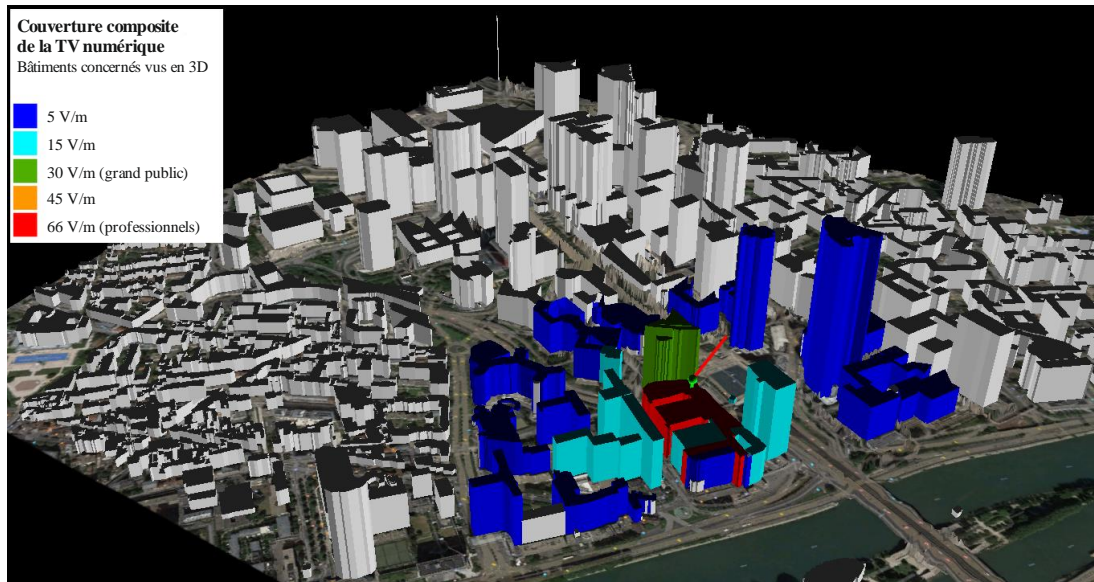
⁴ «Produit de la puissance fournie à l'antenne par son gain dans une direction donnée par rapport à une antenne isotrope», Règlement des radiocommunications de l'UIT, volume 1, numéro **1.161**. La p.i.r.e. n'est pas nécessairement le produit de la puissance maximale par le gain maximum; c'est la puissance rayonnée en direction du point analysé. Les émetteurs cellulaires sont asservis à une commande de puissance et n'émettent pas en permanence à leur puissance maximale. Près de l'antenne cellulaire et en-dessous de celle-ci, la p.i.r.e. est faible car un lobe latéral en altitude est fortement atténué par rapport au faisceau principal de l'antenne.

À 482 MHz, le niveau de référence de l'exposition au champ électrique établi par la CIPRNI pour le grand public (voir Tableau 1) est égal à 30 V/m: $1,375f^{1/2}$ (MHz) = $1,375 \times 482^{1/2}$. Le niveau de référence de l'exposition au champ électrique établi par la CIPRNI pour les professionnels est de 66 V/m: $3f^{1/2}$ (MHz) = $3 \times 482^{1/2}$.

La Figure ci-après illustre en trois dimensions les immeubles concernés.

FIGURE 3

Illustration en trois dimensions de la zone d'exposition du grand public et des professionnels au champ électrique autour d'émetteurs de télévision numérique



Rapport SM.2452-03

2.2.3 Calcul du champ autour d'émetteurs mobiles terrestres

Les données ci-dessous ne concernent que les signaux des liaisons descendantes, depuis les stations de base jusqu'aux appareils mobiles. En général, la structure cellulaire est soit non directive en azimut, soit sectorielle (par exemple trois secteurs de 120°).

2.2.3.1 Champs autour d'émetteurs cellulaires

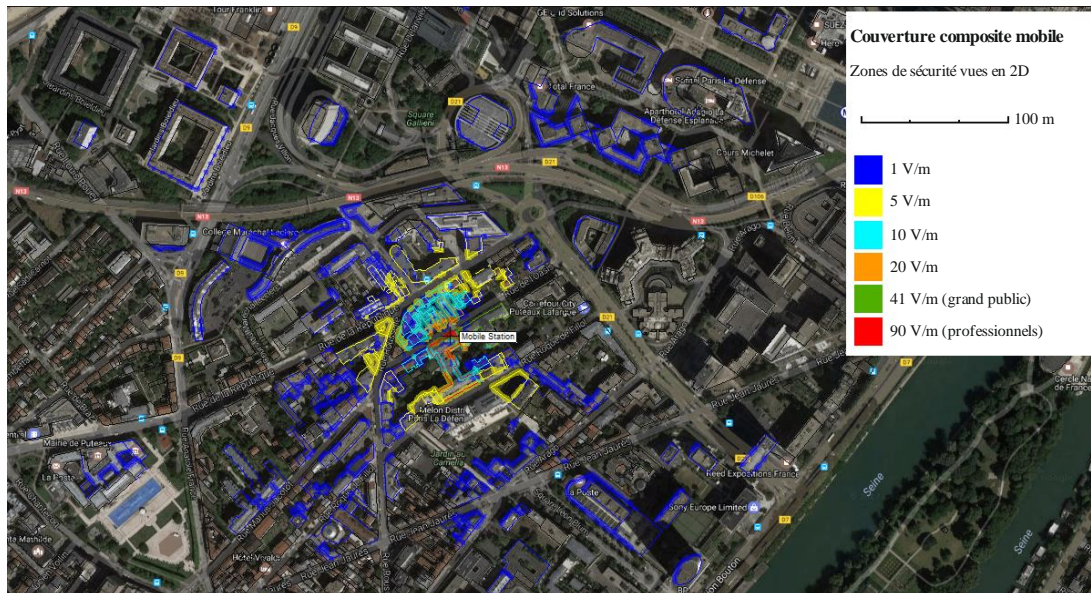
À 900 MHz et à 30 mètres au-dessus du toit, pour une puissance maximale de 100 W sur la liaison descendante et un gain d'antenne (affaiblissements inclus) de 17 dBi, la p.i.r.e. est de 5 kW pour un récepteur situé à 1,5 m au-dessus du niveau du sol.

Le niveau de référence établi par la CIPRNI est de 41 ($1,375f^{1/2} = 1,375 \times 30$) V/m pour le grand public et de 90 V/M: $3f^{1/2}$ (MHz) pour les professionnels; les niveaux de champ électrique sont de 1, 5, 10, 20, 41 (grand public) et 90 (professionnels) V/m.

La Figure 4 illustre les immeubles concernés.

FIGURE 4

Vue satellite en deux dimensions de l'exposition aux émetteurs cellulaires en fonction de la distance



Rapport SM.2452-04

3 Guide pratique des mesures EMF permettant d'évaluer l'exposition des personnes

3.1 Principes du processus de mesure visant à évaluer les champs EMF

Les lignes directrices actuelles établissent des limites au regard des effets de l'électrostimulation et du chauffage thermique. À des fréquences inférieures à 100 kHz, l'effet principal est décrit par la loi de l'induction et la loi de Lapicque concernant l'électrostimulation. À des fréquences supérieures à 10 MHz, l'effet principal est l'effet thermique. Dans les gammes de fréquences entre 100 kHz et 10 MHz, les deux effets peuvent se produire. Il convient de noter que les deux effets doivent être évalués séparément, car ils ne peuvent être agrégés et les méthodes permettant de les évaluer sont entièrement différentes.

La méthode pertinente pour évaluer les effets de l'électrostimulation est appelée méthode des crêtes pondérées; elle est décrite dans les lignes directrices établies par la CIPRNI en 2010. À ce jour, elle n'a été mise en œuvre que dans des systèmes de mesure EMF très spécialisés. Les analyseurs de spectre courants ne sont pas adaptés pour évaluer l'effet de l'électrostimulation. À noter que les lignes directrices établies par la CIPRNI en 1998 ont été annulées et remplacées par celles de 2010, mais uniquement pour ce qui concerne l'effet de l'électrostimulation.

La méthode permettant d'évaluer l'exposition à l'effet thermique provoqué par des champs électromagnétiques externes est décrite par les équations (9) et (10) des lignes directrices de 1998 de la CIPRNI. Ces équations sont fondées sur la valeur au carré de l'écart quadratique moyen des champs électrique et magnétique externes pondérés. Elles produisent une valeur d'exposition normalisée. Les valeurs inférieures ou égales à l'unité sont acceptables. La réponse en fréquence du filtre pondéré est la réciproque des niveaux de référence, qui varient avec la fréquence. Le temps d'intégration du détecteur en valeur quadratique moyenne peut atteindre 6 minutes pour des fréquences inférieures à 10 GHz. À des fréquences supérieures, le temps d'intégration maximum autorisé décroît à mesure que la fréquence augmente. À noter que l'on peut employer des temps d'intégration plus courts, mais ils peuvent conduire à surestimer l'exposition réelle. Si les fluctuations de niveau du champ évalué sont rapides par rapport au temps d'intégration réel, il n'y aura pas de surestimation.

Il convient de noter qu'au-dessus de 10 MHz, le rapport entre les niveaux de référence des champs électrique et magnétique est constant et a la même valeur que l'impédance du champ en espace libre. Les deux niveaux de référence correspondent en outre au niveau de référence de la densité de puissance. Toutefois, en-dessous de 10 MHz il n'y a pas de niveau de référence pour la densité de puissance, et le rapport entre les niveaux de référence des champs électrique et magnétique est inférieur à l'impédance du champ en espace libre pour ce qui concerne les niveaux de référence visant le grand public.

Dans la norme 62232 de la CEI, celle-ci définit trois régions sources autour d'une antenne émettrice; ces régions sont numérotées I, II et III. La région source I est définie comme la région de champ proche réactif: c'est la partie du champ proche rayonnant dans laquelle les composantes de la puissance réactive ne sont pas encore négligeables. La région source II est la partie du champ proche rayonnant dans laquelle les composantes de la puissance réactive sont déjà négligeables. La région source III est la région de champ lointain. Pour une distance d_1 entre les limites des régions I et II, les trois valeurs de limite suivantes, qui sont conservatrices, sont indiquées dans le Tableau A.2 du Document 62232 de la CEI: λ , D et $D^2/4\lambda$. Au sens de ce document, λ est la longueur d'onde du champ émis et D est la dimension la plus grande de l'antenne émettrice. La plus élevée de ces trois valeurs est retenue pour d_1 ; elle constitue une estimation conservatrice de la distance minimale à laquelle les composantes de la puissance réactive sont négligeables. En d'autres termes, on peut considérer que pour des distances supérieures à d_1 , le rapport entre l'amplitude du champ électrique et l'amplitude du champ magnétique, mesurées au même point dans l'espace, est égal à l'impédance du champ en espace libre.

Dans les régions source II ou III, seule la composante du champ électrique doit être évaluée car l'exposition due à la composante du champ magnétique est identique à celle de la gamme de fréquences supérieure à 10 MHz. Cette exposition au champ magnétique n'est différente, et en l'occurrence plus faible, que pour les valeurs concernant le grand public et uniquement dans la gamme de fréquences inférieure à 10 MHz. En revanche, dans la région source I, les deux champs doivent être évalués. On retient la valeur d'exposition la plus élevée des deux. Toutefois, dans la pratique, seule la composante du champ électrique est évaluée au-dessus de 1 GHz, car dans cette gamme de fréquences les sondes ou les antennes permettant de mesurer le champ magnétique sont difficiles à trouver. Au demeurant, cette mesure n'est pas nécessaire car dans la majeure partie des cas, il suffit de se référer à la région source II ou III.

Il convient de noter que les niveaux de référence indiqués dans les Tableaux 6 et 7 établis par la CIPRNI en 1998 décrivent la gamme de fréquences complète, depuis la fréquence nulle jusqu'à 300 GHz. En ce qui concerne les effets thermiques, ces références ne sont pertinentes que jusqu'à 1 MHz. Les équations (9) et (10) des lignes directrices de la CIPRNI indiquent clairement qu'entre 100 kHz et 1 MHz, les niveaux de référence doivent être remplacés par les paramètres c ou d . Employer les niveaux de référence indiqués dans les Tableaux 6 et 7 de la CIPRNI pour évaluer l'exposition aux effets thermiques en-dessous de 1 MHz conduirait à surestimer l'exposition réelle. Dans les systèmes de mesure EMF les plus sophistiqués, les courbes des niveaux de référence établis par la CIPRNI ne sont disponibles «que pour les effets non liés à l'électrostimulation»; ils peuvent être employés pour évaluer la conformité sans risque de surestimation.

Les lignes directrices de la CIPRNI reposent sur l'hypothèse d'un couplage maximum entre le champ externe et la personne exposée. L'estimation d'une exposition pour un point donné dans l'espace doit donc être indépendante du sens de la polarisation et de la propagation du champ externe. Dans la pratique, on mesure à cette fin les valeurs quadratiques moyennes (RMS) de trois capteurs orthogonaux ou éléments d'antenne situés au même endroit et l'on calcule la valeur isotrope de la racine carrée de la somme des carrés (RSS) à partir de ces trois valeurs RMS. Il existe des sondes isotropes pour les fréquences allant jusqu'à 90 GHz, et des antennes isotropes pour les fréquences allant jusqu'à 6 GHz.

Les lignes directrices de la CIPRNI reposent en outre sur l'hypothèse d'un champ externe non perturbé dont on calcule l'effet moyen sur l'ensemble du corps de la personne exposée avant de comparer cet effet aux niveaux de référence. Il est toutefois important de noter que le niveau des restrictions de base concernant l'exposition localisée ne doit pas être dépassé. Cela signifie que le calcul d'une moyenne est autorisé en principe sur le volume total du corps humain, mais qu'il peut conduire à sous-estimer l'exposition dans certains cas. Dans la pratique, on a donc souvent recours à la méthode suivante, qui est conservatrice:

Mesurer les valeurs d'exposition locale sur l'ensemble de la zone considérée en l'absence de toute personne, et ne recourir que modérément, voire pas du tout au calcul de la moyenne autour de chaque point de mesure. Considérer que l'exposition maximale constitue le niveau d'exposition pertinent pour la zone considérée. Il est conseillé d'exclure tout point de mesure dont la distance à des objets conducteurs est inférieure à 0,5 m. On évite ainsi les surestimations dues aux effets de couplage entre les antennes sur lesquelles les mesures sont effectuées et les objets conducteurs, ainsi qu'aux effets de rayonnement secondaire provenant de ces objets.

En résumé, il est possible de formuler clairement une méthode idéale d'évaluation de l'exposition due à des effets autres que l'électrostimulation lorsque ces effets sont produits par des champs électromagnétiques externes dans une zone particulière:

- Mesurer la valeur quadratique moyenne (RMS) au carré, isotrope et pondérée du champ électrique et/ou du champ magnétique en tout point de la zone dans laquelle des personnes risquent d'être exposées.
- Ne recourir que modérément, voire pas du tout au calcul de la moyenne dans l'espace autour de chaque emplacement.
- Veiller à ce que les personnes risquant l'exposition ne se trouvent pas dans la zone pendant les mesures.
- Exclure des mesures tout emplacement dont la distance à des objets conducteurs est inférieure à 0,5 m.
- Appliquer un temps d'intégration calculé en valeur quadratique moyenne, ce temps devant être inférieur ou égal au temps d'intégration maximum autorisé.
- Effectuer les mesures pendant une période suffisamment longue pour garantir une exposition maximale.
- Retenir à titre de résultat final les valeurs d'exposition maximales relevées à tous les points pendant l'ensemble du temps d'observation. Si ce résultat est inférieur à l'unité, l'exposition est acceptable dans la zone considérée.

Bien entendu, cette méthode d'évaluation «idéale» ne peut être employée dans la pratique car elle nécessiterait d'évaluer trop de points dans l'espace et dans le temps; toutefois, elle montre clairement l'objectif des vraies méthodes d'évaluation.

Il existe un autre effet, appelé effet d'audition en hyperfréquences, qui peut se produire à des fréquences supérieures à 100 kHz et pour lequel la CIPRNI a aussi établi des limites. Cet effet ne peut être prépondérant que lorsque les signaux électromagnétiques ont un facteur de crête extrêmement élevé. Dans ce cas, l'enveloppe d'un signal RF peut devenir audible pour les êtres humains. C'est pourquoi, dans ses lignes directrices de 1998, la CIPRNI a prévu des références supplémentaires concernant les valeurs maximales autorisées dans cette gamme de fréquences. Dans la pratique, cet effet n'est pertinent que pour des signaux produits par des systèmes radar.

Les prochains chapitres porteront uniquement sur l'évaluation de conformité au regard des effets autres que l'électrostimulation; en effet, l'évaluation des autres limites établies par la CIPRNI est très différente de l'évaluation des effets thermiques et n'est pas pertinente pour la plupart des émetteurs hertziens. Nous montrerons que ces expositions peuvent être évaluées de manière précise, efficace et fiable.

3.2 Instruments de mesure comportant des fonctionnalités propres à l'évaluation des champs électromagnétiques

3.2.1 Détecteur personnel

Un détecteur personnel de champ électromagnétique est conçu pour être porté sur le corps de la personne susceptible d'être exposée à des champs élevés. Il déclenche des avertissements sonores, optiques et par vibrations lorsqu'un plafond d'exposition est franchi. Au cours des mesures visant à déterminer l'exposition à des champs électromagnétiques, le personnel qui effectue ces mesures est lui-même susceptible d'être exposé à des champs élevés. Il est donc conseillé de porter un détecteur personnel au cours de ces mesures. La Figure 5 montre un détecteur destiné aux personnes travaillant à proximité d'une antenne.

FIGURE 5

Détecteur personnel d'exposition professionnelle



Rapport SM.2452-05

3.2.2 Appareil de mesure large bande

Un appareil de mesure large bande équipé d'une «sonde conformée» permet de mesurer directement l'exposition à des champs électromagnétiques du fait qu'il affiche la valeur quadratique moyenne (RMS) carrée, isotrope et pondérée du champ électrique. Le temps d'intégration de la valeur RMS peut être réglé entre 100 ms et 10 minutes environ. Il existe des sondes conformées pour les fréquences allant jusqu'à 50 GHz et pour plusieurs normes, notamment la CIPRNI 1998 et l'IEEE C95.1-2005.

Un appareil de mesure large bande destiné aux champs électromagnétiques peut mesurer des valeurs d'exposition très supérieures à l'unité. Ses circuits électroniques doivent donc être protégés contre des niveaux de rayonnement élevés. De plus, le personnel qui effectue les mesures doit être capable de lire les résultats à une distance sûre. Cet appareil dispose donc généralement d'une liaison optique qui permet d'afficher ses résultats sur un second appareil de mesure jouant le rôle de contrôleur, ou sur un ordinateur classique.

Cet appareil de mesure dispose de certaines fonctionnalités très utiles, notamment un affichage graphique montrant les valeurs d'exposition dans le temps, un système de calcul des moyennes dans l'espace et une fonction permettant de conserver la valeur maximale.

S'il faut évaluer l'exposition due à tous les émetteurs pertinents, il suffit dans la plupart des cas d'utiliser un appareil de mesure large bande équipé d'une sonde conformée. Si les détecteurs des sondes sont des diodes et non des thermocouples, il convient de noter que les signaux présentant les facteurs de crête les plus élevés peuvent créer de fortes incertitudes de mesure lorsque les valeurs quadratiques moyennes sont supérieures à la gamme de valeurs RMS réellement prise en charge par les sondes. Même lorsqu'une exposition à plusieurs émetteurs doit être évaluée de manière séparée, l'appareil de mesure large bande est extrêmement utile pour obtenir un aperçu rapide de la structure spatiale et temporelle des valeurs d'exposition totales. Une fois que l'on connaît les zones de forte exposition et les structures temporelles dans ces zones, on peut mettre en place une procédure de mesure sélective de manière beaucoup plus efficace.

Un appareil de mesure large bande peut aussi être équipé de sondes large bande isotropes ayant des réponses en fréquence uniforme; ces sondes peuvent mesurer un champ magnétique jusqu'à 1 GHz et un champ électrique jusqu'à 90 GHz.

FIGURE 6

Appareil de mesure large bande équipé d'une sonde isotrope



3.2.3 Appareil de mesure sélectif en fréquence

Il est nécessaire d'effectuer des mesures sélectives en fréquence lorsqu'on veut évaluer de manière séparée l'exposition à plusieurs émetteurs. Les appareils de mesure sélectifs en fréquence électromagnétique sont soit des analyseurs de spectre classiques, soit des appareils de mesure sélectifs spécialement conçus à cet effet qui ne disposent pas des autres fonctions habituellement présentes dans un analyseur de spectre. Les fonctions les plus utiles de ces appareils de mesure sont les suivantes:

- Ils sont portatifs et alimentés par des piles.
- Ils sont protégés contre des valeurs de champ élevées.
- Ils sont télécommandés (par voie électrique ou optique).
- Ils prennent directement en charge les antennes isotropes.
- Ils disposent d'un détecteur indiquant des valeurs RMS qui permet de configurer le temps d'intégration et dispose d'une fonction de conservation de la valeur maximale pour tous les modes de mesure.
- Ils calculent automatiquement la valeur RSS.
- Ils affichent les résultats en termes d'intensité de champ et d'unités d'exposition.
- Ils disposent de paramètres spéciaux pour chaque type de mesure.
- Ils disposent de démodulateurs pour les systèmes UMTS et LTE.
- Ils offrent différentes options de puissance pour chaque canal.
- Ils permettent d'effectuer un étalonnage normalisé de l'appareil et des antennes.
- Ils prennent en charge une gamme de fréquence allant au moins de 9 kHz à 6 GHz, mais il est préférable d'employer des appareils couvrant la gamme de 9 kHz à 18 GHz, voire à 40 GHz pour pouvoir faire des mesures dans les nouvelles bandes de communication hertziennes. Il est utile d'étendre encore davantage la gamme de fréquences prise en charge au moyen de mélangeurs externes pour pouvoir évaluer des systèmes hertziens, par exemple des appareils à courte portée fonctionnant entre 60 et 66 GHz, des dispositifs hertziens fonctionnant dans les gigaoctets (WiGig), ou encore des radars automobiles et des scanners.

La Figure 7 montre des appareils de mesure sélectifs en fréquence équipés d'antennes isotropes.

FIGURE 7

Appareils de mesure sélectifs en fréquence électromagnétique

Analyseur de spectre portable équipé d'antennes isotropes fonctionnant entre 9 kHz et 6 GHz



Appareil de mesure sélectif en fréquence électromagnétique équipé d'une antenne isotrope



Rapport SM.2452-07

3.3 Réduire le nombre de points de mesure dans l'espace

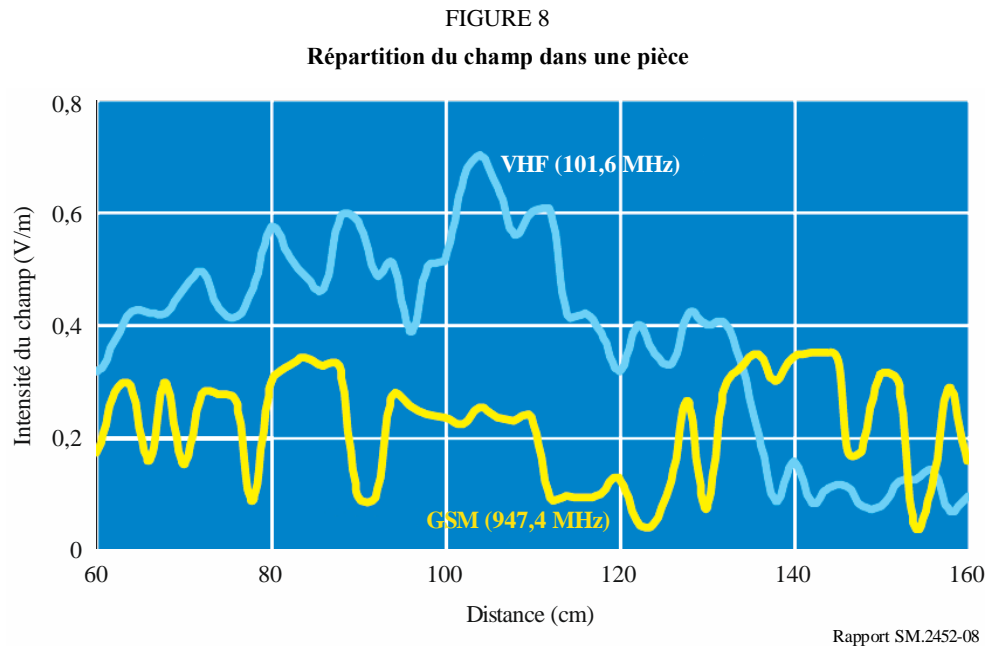
L'exposition de personnes à des champs électromagnétiques peut varier considérablement entre différents points dans l'espace. La distance aux antennes émettrices et la diagramme directif de celles-ci ont une incidence majeure sur le niveau d'exposition, même en condition d'espace libre. En outre, dans la réalité, les obstacles et les objets réfléchissants peuvent avoir un effet supplémentaire très marqué sur le niveau d'exposition en différents points de l'espace. Il est très utile d'avoir un aperçu de tous les émetteurs potentiellement pertinents et de l'environnement électromagnétique avant de lancer une campagne de mesures.

L'une des méthodes permettant d'avoir cet aperçu consiste à effectuer une inspection visuelle de la zone concernée. Cette méthode permet au moins de découvrir toutes les antennes émettrices visibles et d'évaluer leur pertinence potentielle en estimant leur puissance d'émission et leur diagramme directif. Elle devrait aussi permettre de voir les obstacles et les réflecteurs les plus pertinents. À partir de ces informations, il est possible de définir des zones plus petites dans lesquelles l'exposition devrait être la plus forte. Les zones dans lesquelles les lobes principaux du diagramme directif des antennes sont en visibilité directe sont de bonnes candidates à cet égard. Si les mesures sont effectuées à l'intérieur des bâtiments, il est important de noter que les fenêtres peuvent affaiblir considérablement le champ électromagnétique. Elles doivent donc être ouvertes, si possible, pendant les mesures.

La seconde manière d'obtenir l'aperçu souhaité consiste à effectuer quelques mesures d'évaluation rapides en utilisant des appareils de mesure large bande équipés de sondes conformées. Si l'on emploie des sondes en fréquence uniforme pour effectuer ces mesures, il convient de noter que les valeurs maximales du champ spatial sont fortement corrélées avec les valeurs maximales d'exposition spatiale, mais qu'elles ne sont pas identiques. S'il suffit de mesurer l'exposition à un seul émetteur, et si cet émetteur ne joue pas un rôle clairement prépondérant dans l'exposition totale, il est alors obligatoire d'employer des appareils de mesure sélectifs en fréquence pour procéder à ces mesures rapides en vue d'établir un aperçu. Il suffit ensuite, dans un deuxième temps, de faire des mesures plus détaillées dans les zones de forte exposition. En déplaçant la sonde d'un appareil de mesure large bande à une vitesse constante et en ligne droite dans une zone de forte exposition, et en observant les valeurs d'exposition affichées sur les graphiques dans le temps, on peut en déduire la résolution

spatiale qui sera nécessaire pour trouver dans un deuxième temps les valeurs maximales locales dans la zone en question.

La Figure 8 montre un signal MF mesuré à 101,6 MHz et une liaison descendante GSM à 947,4 MHz.



Une fois que les zones de forte exposition ont été recensées, il faut trouver les valeurs maximales d'exposition locale dans ces zones. À noter qu'il est autorisé de calculer des valeurs spatiales moyennes sur des volumes modérés en se référant aux indications de la CIPRNI. Le fait de ne pas employer les moyennes des valeurs spatiales peut conduire à surestimer considérablement l'exposition réelle. Il est facile de trouver un maximum local au moyen de sondes ou d'antennes isotropes. La méthode la plus rapide consiste à balayer la zone de forte exposition par un mouvement aléatoire de la sonde ou de l'antenne tout en exécutant une fonction de conservation de la valeur maximale relevée. On peut aussi calculer des valeurs spatiales moyennes sur des volumes modérés au cours de cette procédure, simplement en réglant un temps d'intégration pour le calcul des valeurs RMS qui corresponde au volume d'intégration souhaité et à la vitesse réelle du mouvement. Il existe une seconde méthode, appelée méthode de la grille, qui consiste à définir une grille de points dans la zone de forte exposition avec une résolution spatiale suffisante, l'exposition étant alors mesurée en chaque point de la grille. Cette méthode peut aussi être combinée avec le calcul de valeurs spatiales moyennes sur des volumes modérés. Elle peut offrir une alternative utile lorsque la grille est de petite taille (3 ou 6 points) car elle évite l'influence due à la personne qui effectue la mesure. En revanche, pour des grilles de grande taille, cette méthode est très chronophage.

Il n'existe pas encore d'antennes isotropes pour les fréquences supérieures à 6 GHz. On emploie donc des appareils de mesure large bande équipés de sondes isotropes ou des analyseurs de spectre équipés d'antennes biconiques ou directives dans cette gamme de fréquences. Trouver un maximum local de l'exposition avec des antennes biconiques ou directives prend plus de temps qu'avec des sondes ou des antennes isotropes. Dans la pratique, la méthode employée le plus souvent avec ces antennes est celle du brassage: on change la position, la direction et la polarisation de l'antenne de manière aléatoire à l'intérieur du volume concerné en déplaçant l'antenne manuellement. Le maximum local est détecté pendant le processus de brassage au moyen d'un appareil de mesure sélectif ou d'un analyseur de spectre équipé d'une fonction de conservation de la valeur maximale. Employer la méthode de la grille avec des antennes directives prendrait énormément de temps car pour chaque point de la grille, il faudrait changer plusieurs fois la polarisation et la direction de l'antenne pour

s'assurer d'avoir relevé, à chaque point, la valeur d'exposition la plus élevée avec le couplage maximum du champ et de l'antenne.

3.4 Réduire le temps d'observation et extrapoler vers l'exposition maximale

La puissance rayonnée de certains émetteurs peut varier considérablement dans le temps. La puissance d'émission dépend dans une large mesure de la charge de trafic réelle et du comportement de l'utilisateur, en particulier dans les stations de base des services mobiles cellulaires. Même si la période d'observation dure 24h, la puissance d'émission maximale peut ne pas être atteinte car la charge de trafic peut aussi dépendre du jour dans la semaine, voire de la saison. Dans la pratique, il est essentiel de ramener le temps d'observation à une valeur raisonnable. On mesure donc souvent l'exposition à certaines composantes du signal dont la puissance de transmission est indépendante de la charge de trafic ou du comportement de l'utilisateur. Dans un deuxième temps, on effectue une extrapolation pour évaluer ce que cette exposition deviendrait si l'on employait la puissance d'émission maximale. Toutefois, cette extrapolation n'est pas nécessaire si la puissance d'émission est plus ou moins constante dans le temps. Dans ce cas, même des temps d'observation plus courts suffisent pour évaluer l'exposition maximale.

3.5 Evaluation de l'exposition à des services particuliers

Les appareils de mesure large bande et les sondes conformées sont efficaces pour évaluer l'exposition totale à un moment donné. En revanche, s'il faut évaluer séparément l'exposition à plusieurs émetteurs, il est nécessaire d'employer une technique de mesure sélective. On trouvera dans les sous-parties suivantes une description de la méthode permettant d'évaluer l'exposition à des services particuliers au moyen d'une technique de mesure sélective. Le processus d'extrapolation sera également décrit, le cas échéant.

3.5.1 Démarche générale applicable aux services pour lesquels l'extrapolation ne présente pas d'intérêt

L'extrapolation n'est pas nécessaire pour les systèmes qui émettent avec une puissance plus ou moins constante. La radio MF, la radio numérique et la télévision numérique de Terre sont des exemples de ce type de systèmes. Il est très facile d'évaluer ces systèmes, et l'on peut employer un appareil de mesure sélectif en fréquence à cet effet. Au demeurant, si la p.i.r.e. moyenne émise n'est pas constante, on peut appliquer la méthode de mesure suivante, quoique cette méthode permette de connaître uniquement l'exposition réelle et non l'exposition maximale.

La première étape consiste à choisir un filtre de sélection pertinent pour détecter près de 100% de la puissance du canal concerné, et le moins de puissance possible dans les canaux adjacents.

L'emploi de filtres de sélection gaussiens dans les modes d'analyse de spectre peut aussi créer de fortes incertitudes de mesure si l'on mesure des systèmes dont l'espacement entre les canaux est étroit. Ces incertitudes supplémentaires peuvent être évitées en choisissant des options de puissance de canal pertinentes ou des modes de réception faisant intervenir des filtres de canal adéquats.

L'étape suivante consiste à déterminer le temps d'intégration approprié pour le détecteur de valeurs RMS. Ce temps doit être suffisamment long pour réduire les fluctuations de la puissance détectée à une valeur négligeable, mais pas trop long pour que le processus de mesure reste rapide. Il doit en outre être plus court que le temps d'intégration maximum autorisé par les limites d'exposition pertinentes. Enfin, il doit être suffisamment long pour permettre de relever au moins 100 échantillons.

3.5.2 Démarches applicables à des services particuliers

3.5.2.1 Stations de base GSM

Le réseau cellulaire GSM est l'un des services dans lesquels la puissance émise dépend dans une large mesure de la charge de trafic et du comportement de l'utilisateur. Comme pour tout service, l'exposition réelle peut être évaluée au moyen de la méthode générale décrite dans les paragraphes précédents. Néanmoins, l'exposition maximale possible à une station de base doit souvent être appréciée aussi par les régulateurs ou les opérateurs.

Au moins l'un des huit créneaux temporels d'une trame GSM émet à la puissance maximale sur le canal de commande de diffusion (BCCH) d'une cellule GSM. Les autres créneaux temporels peuvent émettre à une puissance égale ou inférieure. Certains créneaux peuvent employer une modulation par déphasage minimal avec filtrage gaussien (GMSK) ainsi qu'une modulation exploitant des débits binaires améliorés pour les futurs systèmes GSM (EDGE). La puissance d'un créneau temporel modulé en EDGE fluctue autour de la puissance moyenne de ce créneau car ce type de modulation produit des signaux qui s'apparentent à du bruit. Le temps d'intégration pour mesurer des valeurs RMS sur le canal BCCH doit être inférieur à la durée d'un créneau temporel (577 μ s) pour s'assurer de pouvoir enregistrer la puissance maximale d'un seul créneau sans affaiblissement. Ce temps d'intégration ne doit cependant pas être beaucoup plus court car les fluctuations de puissance dues à la modulation EDGE doivent être réduites à des valeurs négligeables. Le maximum des valeurs RMS dans le temps correspond alors à la puissance émise maximale sur le canal BCCH. Une cellule transmet en outre sur des canaux de trafic (TCH) à différentes fréquences. À ce stade, on peut extrapoler l'exposition maximale possible due à l'ensemble des canaux d'une cellule GSM. Il faut pour cela multiplier l'exposition maximale possible due au canal BCCH par le nombre total de canaux hertziens de la cellule pouvant être exploités simultanément. L'exposition due à toutes les cellules pouvant être reçues à l'emplacement considéré est la somme des valeurs d'exposition des cellules.

3.5.2.2 Stations de base UMTS

Le réseau cellulaire UMTS est également l'un des services dans lesquels la puissance d'émission dépend dans une large mesure de la charge de trafic et du comportement de l'utilisateur. La procédure ci-après est la plus sophistiquée actuellement pour extrapoler l'exposition maximale possible:

L'UMTS est un système à accès multiple par répartition en code (AMRC). Il permet d'émettre sur un maximum de 512 canaux de données par cellule. Ses différents canaux, dont le débit est relativement faible, sont répartis par divers codes de découpage en canaux sur la largeur de bande relativement importante d'un canal hertzien UMTS. Comme les différentes cellules utilisent différents codes d'embrouillage, les signaux de différentes cellules utilisant le même canal hertzien peuvent aussi être séparés. Chaque cellule comporte un canal pilote commun primaire (P-CPICH) dans lequel l'émission s'effectue à puissance constante. Le fournisseur de services peut régler le rapport entre la puissance maximale de la cellule et la puissance du canal P-CPICH. Ce rapport de puissance se situe généralement entre 8 et 15. Ainsi, en mesurant l'exposition due au canal P-CPICH d'une cellule particulière et en la multipliant par le rapport de puissance de cette cellule, on obtient l'exposition maximale possible due à cette cellule. L'exposition due à l'ensemble des cellules est la somme des valeurs d'exposition des cellules.

3.5.2.3 Stations de base LTE

Le réseau cellulaire LTE est lui aussi l'un des services dans lesquels la puissance d'émission dépend dans une large mesure de la charge de trafic et du comportement de l'utilisateur. La procédure ci-après est la plus sophistiquée actuellement pour extrapoler l'exposition maximale possible:

Le LTE est un système à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF). Il peut employer le mode en duplex à répartition en fréquence (DRF) ou le mode en duplex à répartition dans le temps (DRT). Un, deux ou quatre signaux de référence propres à une cellule sont intégrés dans la grille de ressources d'une trame LTE. Le nombre de signaux de référence est égal au nombre d'antennes d'émission. Le signal de référence est émis uniquement par son antenne associée et à une puissance constante. Il convient de noter que la puissance d'émission de symboles dépendant du trafic est répartie de manière uniforme sur l'ensemble des antennes en service.

La valeur moyenne de l'exposition due aux éléments à ressource unique émettant des signaux de référence propres à chaque cellule est mesurée dans un premier temps de manière séparée pour chaque antenne et chaque cellule. La somme pour toutes les antennes employées par une cellule donnée est calculée dans un deuxième temps. Dans un troisième temps, cette somme est multipliée par un facteur d'extrapolation pour donner l'exposition maximale possible due à la cellule considérée. L'exposition due à l'ensemble des cellules est la somme des valeurs d'exposition des cellules.

Selon la norme 62232 de la CEI, le facteur d'extrapolation pour des cellules en mode DRF est le nombre de sous-porteuses divisé par un «facteur de renforcement». Le nombre de sous-porteuses dépend uniquement de la largeur de bande de la cellule (72, 180, 300, 600, 900 ou 1 200 sous-porteuses pour une largeur de bande de 1,4, 3, 5, 10, 15 ou 20 MHz). Le «facteur de renforcement» peut dépendre des paramètres de réglage de la cellule; en cas de doute, il faut le demander au fournisseur de services. Le «facteur de renforcement» pertinent au sens de la norme 62232 de la CEI est souvent identique au nombre d'antennes.

Pour une cellule en mode DRT, le facteur d'extrapolation est le même que pour une cellule en mode DRF mais il faut le multiplier par un facteur de correction. Celui-ci est le rapport entre le temps mis pour effectuer la liaison descendante au sein d'une trame et la longueur de cette trame. Le rapport réel peut être approximativement mesuré par un appareil de mesure sélectif en mode «scope»; on peut aussi le calculer avec précision si la configuration des liaisons montante et descendante, la configuration propre à la sous-trame et la longueur du préfixe cyclique de la cellule considérée sont connues. La fourchette des valeurs possibles du facteur de correction va de 34/140 à 106/120. En cas de doute, ou si le fournisseur de services ne garantit pas qu'il ne modifiera pas la configuration des liaisons montante et descendante, il convient d'employer le facteur de correction maximum.

3.5.2.4 Points d'accès au WiFi

Les réseaux WiFi sont une application dans laquelle la puissance d'émission dépend dans une large mesure de la charge de trafic et du comportement de l'utilisateur. Le signal RF MROF étant émis par salves, toutes les porteuses du canal sont actives à certains moments selon le trafic. Dès lors, le scénario dans lequel il est le plus difficile d'évaluer l'exposition est celui du mode repos, dans lequel une séquence de balises durant seulement 0,5 ms est émise tous les dix millisecondes environ. La procédure de mesure suivante permet d'extrapoler l'exposition maximale.

La puissance du signal WiFi dans le canal est mesurée en permanence avec un temps d'intégration inférieur à 0,5 ms pour mesurer les valeurs RMS. La puissance maximale dans le canal et dans le temps est déterminée. Elle doit être convertie vers l'intensité de champ correspondante. Il faut ensuite comparer ce champ à la limite d'exposition. Si le facteur d'utilisation du système WiFi est limité à des valeurs inférieures à 100%, l'exposition maximale doit être ajustée en conséquence.

4 Références

Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre, Chapitre 5.6

Question 7/2 de l'UIT-D – Stratégies et politiques concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques

Recommandations de l'UIT-R

- K.52: Lignes directrices relatives aux valeurs limites d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques
- K.61: Directives pour la mesure et la prédiction numérique des champs électromagnétiques pour l'observation des limites d'exposition humaine aux rayonnements des installations de télécommunication
- K.70: Techniques de limitation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques au voisinage de stations de radiocommunication
- K.83: Surveillance des niveaux des champs électromagnétiques
- K.90: Techniques d'évaluation et méthodes de travail à suivre pour respecter les limites d'exposition aux champs électromagnétiques applicables au personnel des opérateurs de réseaux
- K.91: Guide d'évaluation et de surveillance de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques radioélectriques
- K Suppl.1: UIT-T K.91 – Directives relatives aux champs électromagnétiques et à la santé des personnes
- K Suppl.4: UIT-T K.91 – Considérations relatives aux champs électromagnétiques dans les villes intelligentes et durables
- K.100: Mesure des champs électromagnétiques radiofréquence pour déterminer si les limites d'exposition des personnes sont respectées lorsqu'une station de base est mise en service
- K.113: Établissement de cartes d'intensité du champ électromagnétique radiofréquence
- K.122: Niveaux d'exposition à proximité immédiate des antennes de radiocommunication
- K Suppl.9: Technologie 5G et exposition des personnes aux champs électromagnétiques radiofréquence
- K Suppl.13: Niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques radioélectriques (RF-EMF) des utilisateurs des dispositifs mobiles et portables dans différentes conditions d'utilisation
- K Suppl.14: Incidence des limites d'exposition aux champs électromagnétiques radioélectriques (RF-EMF) plus strictes que celles établies dans les directives de la CIPRNI ou de l'IEEE sur le déploiement des réseaux mobiles 4G et 5G
- K Suppl.16: Évaluations de la conformité des réseaux sans fil 5G en termes d'exposition aux champs électromagnétiques

CIPRNI

ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP Guidelines, Health Physics, vol.74, pp. 494-522, 1998

ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), ICNIRP Guidelines, Health Physics, vol.99, pp. 818-836, 2010

IEEE

IEEE Std C95.1-2005: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz

Commission électrotechnique internationale (CEI)

CEI 62232:2017: Détermination des champs de radiofréquences, de la densité de puissance et du DAS aux environs des stations de base utilisées pour les communications radio dans le but d'évaluer l'exposition humaine

5 Glossaire et abréviations

2D	Deux dimensions
3D	Trois dimensions
AGL	au-dessus du niveau du sol (<i>above ground level</i>)
BCCH	canal de commande de diffusion (<i>broadcast control channel</i>)
CEI	Commission électrotechnique internationale
CIPRNI	Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants
DRF	duplex à répartition en fréquence
DRT	duplex à répartition dans le temps
DTM	cartographie numérique du terrain (<i>digital terrain mapping</i>)
DTV	télévision numérique (<i>digital TV</i>)
EMF	champ électromagnétique (<i>electromagnetic field</i>)
FS	(intensité du) champ (<i>field-strength</i>)
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IMT	communications mobiles internationales (<i>international mobile communications</i>)
LTE	évolution à long terme (<i>long-term evolution</i>)
MROF	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
OMS	Organisation mondiale de la santé
p.i.r.e.	puissance isotrope rayonnée équivalente
P-CPICH	canal pilote commun primaire (<i>primary common pilot channel</i>)
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RMS	valeur quadratique moyenne (<i>root mean square</i>)
RSS	racine carrée de la somme des carrés (<i>root of sum of squares</i>)
UMTS	système de télécommunications mobiles universelles (<i>universal mobile telecommunications system</i>)
WiGig	dispositif hertzien fonctionnant dans les gigaoctets (<i>wireless gigabit</i>)
