



Consultation publique sur l'évolution du protocole de mesure de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques a confié de nouvelles missions à l'Agence nationale des fréquences (ANFR) :

- piloter un comité national de dialogue avec les parties prenantes ;
- définir, recenser les points atypiques puis vérifier leur résorption ;
- publier des lignes directrices sur la présentation des résultats de simulation de l'exposition ;
- mettre à disposition une carte des antennes-relais aux communes de France.

Ces nouvelles missions relatives à l'exposition du public viennent compléter les missions de l'ANFR déjà existantes dans ce domaine :

- veiller au respect des valeurs limites réglementaires ;
- gérer le dispositif national de mesure des champs électromagnétiques ;
- contrôler le DAS (Débit d'absorption spécifique) des terminaux mis sur le marché ;
- tenir à jour le protocole de mesure des champs électromagnétiques.

La dernière version du protocole de mesure en vigueur ANFR DR15-3 a été publiée au Journal officiel par arrêté du 26 août 2011. L'ANFR a engagé une révision de ce protocole. Son adoption doit être précédée d'une consultation publique.

Le projet de protocole fait l'objet de la présente consultation publique.

Modalités pratiques de la consultation publique :

1/ Le projet de protocole est soumis à consultation publique jusqu'au 15 juin 2015.

2/ Une synthèse des réponses à la consultation puis le nouveau protocole seront ensuite publiés sur www.anfr.fr.

3/ Les modalités d'entrée en vigueur du nouveau protocole seront fixées par arrêté du ministre chargé des communications électroniques. L'ancienne version de protocole (v3) sera utilisable pendant une durée maximale d'un an après l'entrée en vigueur du nouveau protocole.

Les commentaires doivent être transmis au plus tard le lundi 15 juin 2015, de préférence par courrier électronique, en précisant l'objet « Réponse à la consultation publique sur l'évolution du protocole de mesure de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques » à l'adresse suivante : consultationprotocole@anfr.fr.

Le protocole de mesure en quelques mots

La mesure de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques est effectuée selon un protocole rigoureux qui permet d'obtenir des résultats fiables. Il est mis au point par des ingénieurs et des techniciens de l'ANFR et par consultation d'experts de ses différentes commissions*.

Le protocole prévoit que la mesure est effectuée après un examen minutieux de l'environnement radioélectrique, qui comprend la plupart du temps des relevés intermédiaires. La mesure se déroule selon un Cas A obligatoire qui permet une évaluation globale de l'exposition, et en l'absence de demande spécifique clairement documentée, à l'emplacement le plus exposé. Il peut être suivi en fonction du type de demande d'un Cas A par service ou d'un Cas B. Le Cas B permet une mesure de l'exposition détaillée en fréquence. Une extrapolation à la puissance maximale des émetteurs peut être effectuée, elle est obligatoire au-delà de 6 V/m. Elle consiste à déterminer le niveau par service lorsque les émetteurs sont tous à puissance maximale.

A la suite de la table ronde sur les radiofréquences de juillet 2009, les travaux du COMOP puis du COPIC ont montré que pour la téléphonie mobile, avec les technologies actuellement déployées et les usages actuels, le niveau réel mesuré dans la journée, et ceci quelle que soit l'heure, est en général proche de celui que l'on constaterait en faisant des mesures en continu moyennées sur six minutes : l'amplitude des variations dans la journée est en général faible. Compte tenu des incertitudes de mesure le résultat obtenu est un bon indicateur de l'exposition à l'emplacement retenu et le résultat après extrapolation à puissance maximale des émetteurs un majorant de l'exposition, non atteint dans la pratique mais utilisé pour s'assurer de la conformité au-dessus de 6 V/m.

Qui effectue les mesures ?

Les mesures sont effectuées par les laboratoires accrédités, dont le haut niveau de fiabilité est vérifié et contrôlé régulièrement via l'accréditation délivrée en France par le Cofrac, et qui doivent respecter des contraintes d'indépendance supplémentaires exigées par la réglementation, pour pouvoir prononcer la conformité vis-à-vis des valeurs-limites.

Pourquoi l'ANFR fait-elle évoluer le protocole de mesure ?

L'évolution du protocole est motivée tout d'abord par la nécessité d'évaluer le niveau d'exposition à puissance maximale des réseaux de téléphonie mobile 4G à la suite de la publication en 2014 de la nouvelle annexe relative au LTE de la norme NF EN 50492 du CENELEC (EN 50492:2008/A1:2014). En outre, le vote de la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 nécessite quelques évolutions.

* La liste des membres qui ont été sollicités pour cette nouvelle version est la suivante :

- les administrations et autorités administratives indépendantes suivantes : ministère de la Défense, ministère de l'Intérieur, Direction générale de l'Aviation civile, Conseil supérieur de l'audiovisuel et Autorité de régulation des communications électroniques et des postes ;
- les opérateurs de téléphonie mobile tout particulièrement pour la gestion des coefficients d'extrapolation ;
- TDF ;
- Alcatel-Lucent ;
- Supélec ;
- Cofrac.

Par ailleurs, il est proposé de faire évoluer la liste des services sur la forme et de pouvoir prendre en compte le Tableau national de répartition des fréquences (TNRBF) approuvé par arrêté du Premier Ministre. Les termes GSM (2G), UMTS (3G), et LTE (4G) disparaissent au profit d'une dénomination unique TM (Téléphonie Mobile) complétée par la bande de fréquences correspondante.

Le protocole est également modifié pour permettre la mesure de l'exposition issue des réseaux locaux radioélectriques, en prenant en compte toutes les versions du Wi-Fi.

Enfin, dans un souci d'amélioration de la qualité des résultats, il est proposé que l'évaluation maximale par extrapolation de l'exposition soit fondée sur des coefficients réels, correspondant aux antennes qui desservent la zone où la mesure est réalisée.

D'autres modifications proposées concernent des compléments normatifs (l'ensemble de la norme NF EN 50492 est applicable), réglementaires (arrêté du 14 décembre 2013 pris en application du décret no 2013-1162 du 14 décembre 2013 relatif au dispositif de surveillance et de mesure des ondes électromagnétiques), ou encore techniques (enregistrement de la recherche du point d'exposition maximale, vérification de la cohérence des résultats, complément d'information sur les hauteurs de mesure).

Le public peut-il demander des mesures ?

Toute personne peut faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public (parcs, commerces, dans les établissements recevant du public...). Cette démarche est gratuite. La mesure est effectuée selon le protocole de mesure.

Pour plus de renseignements sur la réalisation, les résultats de mesure ou sur les stations radioélectriques dans votre environnement, vous pouvez consulter le site www.cartoradio.fr.

Pour aider à la lecture, figurent des paragraphes encadrés sur fond gris pour expliquer les principaux changements, ils n'ont pas vocation à demeurer dans la version finale du protocole.



Agence Nationale des Fréquences

PROTOCOLE DE MESURE

Visant à vérifier sur site pour les stations émettrices fixes,
le respect des limitations, en termes de niveaux de référence,
de l'exposition du public aux champs électromagnétiques
prévues par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002

DOCUMENTATION DE REFERENCE : ANFR/DR 15-3.1

VERSION 3.1 - 22 avril 2015

REVISIONS

Indice	Date	Nature des révisions
V1	28 juin 2001	Création du document
V2	3 novembre 2003	Application des exigences de la recommandation ECC (02) 04
V2.1	3 mai 2004	Prise en compte des signaux du service « UMTS » Modifications : § 3.1 Figure 1 - § 3.3.3 - § A 1.8 Identification du service « DECT » Modification : § 3.3.2 Tableau 1 Estimation du nombre de TRX en GSM Modification : § 3.3.3 Tableau 2 Les évolutions des réseaux GSM Nouveau : § A 1.2.2.3
V3	31 mai 2011	Application des exigences de la norme NF EN 50492 Ajout en annexe (informative) d'une évaluation informative complémentaire des niveaux de champ électrique des principaux services.
V3.1	22 avril 2015	Application de la nouvelle annexe L de la norme NF EN 50492 (§ 3.3.2) Modification : § 1 L'ensemble de norme CENELEC est applicable Modification : § 2 Enregistrement de la recherche du point d'exposition maximale Modification : § 3.1 Vérification de la cohérence des résultats Modification : Tableau 1 Mise à jour de la liste des services Modification : § 3.3.1.2 Complément d'information sur les hauteurs de mesure Modification : § 3.3.2 Ajout du principe d'extrapolation pour la téléphonie mobile 4G Suppression des coefficients d'extrapolation issus de la statistique Mise à jour des principes d'extrapolation pour les réseaux locaux radioélectriques ou RLAN (Wi-Fi) Modification : § 4 Mise à jour des dispositions réglementaires

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION 4

2 ANALYSE DU SITE..... 5

3 PROCESSUS DE MESURE 6

 3.1 GENERALITES6

 3.2 REALISATION DU CAS A (EVALUATION GLOBALE DE L'EXPOSITION).....8

 3.3 REALISATION DU CAS B (EVALUATION DETAILLEE DE L'EXPOSITION)9

 3.4 EVALUATION DES CRITERES LIES A L'EXPOSITION A DES SOURCES EMETTANT A PLUSIEURS FREQUENCES.....12

 3.5 INCERTITUDE DES MESURES13

 3.6 CONCLUSIONS.....13

4 RAPPORT 14

5 TERMES ET DEFINITIONS..... 14

5 REFERENCES 15

CAS A SERVICES (EVALUATION INFORMATIVE COMPLEMENTAIRE DES NIVEAUX DE CHAMP ELECTRIQUE DES PRINCIPAUX SERVICES)..... 16

TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Liste des services 8

Figure 1 : Processus de mesure..... 7

Figure 2 : Position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points 9

1 Introduction

Le présent document a pour objectif de décrire le protocole de mesure retenu par l'Agence nationale des fréquences (ANFR) concernant l'application du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 conformément aux exigences de la norme NF EN 50492, norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base. L'ensemble des exigences de la norme sont applicables sauf mention contraire dans le présent document. Pour les thématiques non couvertes par la norme (signaux radar), la recommandation ECC (02)04 peut être utilisée (disponible sur le site Internet de l'ECO, *European communications office*).

Le présent protocole est particulièrement adapté aux émissions des réseaux de téléphonie mobile, de radiodiffusion (sonore ou visuelle), des réseaux locaux sans fils et des réseaux radioélectriques indépendants.

Le présent protocole est essentiellement destiné aux rayonnements électromagnétiques « imposés » et « permanents ». Il est ainsi recommandé, pendant les mesures, d'éteindre les équipements dont les émissions sont « contrôlées » et « non permanentes ». Cependant, si ce type d'équipements fait l'objet d'une demande particulière de mesure, elle doit être expressément signifiée dans le rapport de mesure.

Le présent protocole traite des mesures nécessaires pour vérifier le respect des niveaux de référence pour les champs électromagnétiques pour des fréquences de 100 kHz à 300 GHz, à l'exception de ceux concernant les courants de contact d'objets conducteurs. Les champs basses fréquences de 0 Hz à 100 kHz ne sont pas traités par le présent document. Toutefois, les principes du protocole peuvent être appliqués à partir de 9 kHz avec une antenne appropriée.

Le processus adopté se compose d'une analyse du site suivie de relevés de niveaux de champs électromagnétiques et du calcul des incertitudes associées. Les niveaux relevés et, le cas échéant pour certaines catégories de réseaux, extrapolés, sont ensuite comparés aux niveaux de référence de l'annexe 2.2 – A du décret du 3 mai 2002 ; une application des critères de l'annexe 2.3 – B de ce même décret prenant en compte le cumul des sources est également effectuée.

2 Analyse du site

L'analyse du site devra être effectuée conformément au § 6.2 de la norme NF EN 50492 (Sources RF à prendre en considération).

La première étape d'une mesure consiste à établir une topologie des émetteurs présents et de leurs zones de rayonnement « privilégiées ». Cette topologie sera faite de façon visuelle, par des recherches dans des bases de données (www.cartoradio.fr), ou par des mesures spectrales sélectives.

Cette étape permet notamment de déterminer le choix des bandes de fréquences à éventuellement analyser au-delà de 6 GHz.

Sur site, la détermination des zones de mesure est précisée à partir de :

- **l'expression de la demande ;**
- **la topologie des émetteurs présents et de leurs zones de rayonnement.**

Une zone de mesure peut notamment correspondre à une habitation, un lieu ouvert au public (jardin public, ...), ou encore, pour un établissement recevant du public au sens de l'article R.123-2 du code de la construction, les lieux de cet établissement accessibles au public (centre commercial, établissement scolaire, ...). Elle peut être raisonnablement élargie à une zone plus vaste dès lors que l'accès est possible pour tous les lieux considérés lors de la mesure.

Le cas particulier de la mesure à proximité d'une source de champs électromagnétiques (vérification d'un périmètre de sécurité par exemple) doit être traité avec beaucoup de précautions. En particulier, le système de mesure doit être adapté aux niveaux d'énergie à contrôler. Par ailleurs, la proximité d'une source peut contraindre à la mesure des deux composantes du champ électromagnétique, à savoir les champs électrique et magnétique. Les exigences du § 7 de la norme (Détermination de la grandeur de champ à mesurer en fonction de la distance par rapport aux antennes sources) doivent être notamment appliquées.

Le site de mesure étant clairement caractérisé, le processus de mesure peut être initialisé après avoir déterminé le ou les points d'amplitude de champ maximale en utilisant le mode opératoire recommandé par l'annexe C.2.3 de la norme¹. Les résultats obtenus pour les points de mesure préliminaires, relevés à une hauteur de 150 cm, doivent être consignés dans le rapport d'essai.

¹ Pour la sonde, choisir un détecteur rms

3 Processus de mesure

3.1 Généralités

La mesure doit systématiquement couvrir l'ensemble des émissions RF (fréquences radioélectriques) de 100 kHz à 6 GHz.

La première étape consiste à choisir entre une mesure de l'exposition globale large bande (Cas A) ou détaillée en fréquences (Cas B). Le Cas A fournit un résultat couvrant toutes les sources et fréquences. Le Cas B fournit un ensemble de valeurs de champs pour des sources, des fréquences ou des sous-bandes de fréquences. Ce choix tient compte de la demande formulée.

Lorsqu'une demande d'évaluation détaillée de l'exposition est formulée, c'est-à-dire une investigation pour chaque contribution de sources RF en utilisant une analyse sélective en fréquence, alors le Cas B est obligatoire. Il est recommandé de faire précéder systématiquement le Cas B d'une mesure large bande (Cas A).

Lorsqu'une simple demande d'évaluation de la conformité de l'exposition est formulée, ou lorsqu'aucune demande spécifique n'est formulée, l'évaluation commence par une évaluation globale, c'est-à-dire la mesure de la combinaison des contributions de toutes les sources RF, en utilisant le Cas A, mesure large bande. En fonction du résultat obtenu, cette évaluation globale est suivie, le cas échéant, d'une évaluation détaillée de l'exposition (Cas B), comme précisé dans les deux alinéas suivants :

- si le résultat² de la mesure large bande est inférieur à 6 V/m, le rapport conclut au respect des niveaux de référence³ ;
- si le résultat⁴ de la mesure large bande est supérieur ou égal à 6 V/m, il n'y a pas de conclusion possible à ce stade et le processus doit se poursuivre par une évaluation détaillée (Cas B) avec extrapolation à puissance maximale des émetteurs le cas échéant.

Une recherche des points atypiques sera aussi effectuée selon les critères prévus dans la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.

² Sans tenir compte des incertitudes, dès lors que les exigences du §3.5 (Incertitude des mesures) sont respectées

³ Le respect des niveaux de référence ainsi établi, la mesure peut être complétée, à titre purement informatif, par une évaluation des niveaux de champ électrique des principaux services (Cas A Services)

⁴ Sans tenir compte des incertitudes, dès lors que les exigences du §3.5 (Incertitude des mesures) sont respectées

La figure 1 définit le processus de mesure, qui reprend les exigences du paragraphe 5 de la norme (Processus général). Elle prend également en compte la recommandation de faire précéder systématiquement le Cas B d'une mesure large bande (Cas A), ainsi que la possibilité de réaliser une évaluation informative complémentaire des niveaux de champ électrique des principaux services (cf. l'annexe du présent document).

Lorsque deux Cas de mesure sont réalisés, il convient de vérifier sur site la cohérence des résultats au-delà de 1 V/m.

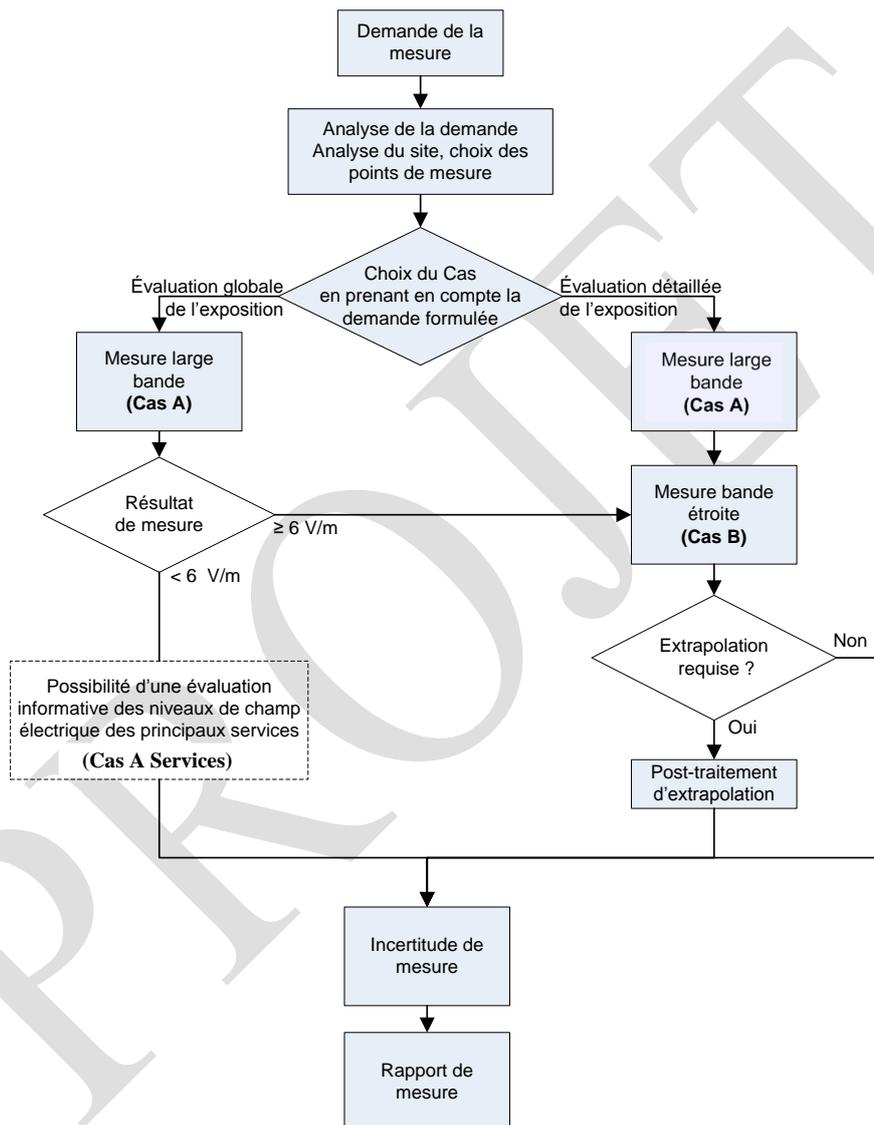


Figure 1 : Processus de mesure

Les différents services à considérer sont ceux présentés dans le Tableau 1. Ces services peuvent être modifiés conformément aux dispositions du TNRBF⁵.

Bande de fréquences	Services
100 kHz – 30 MHz	Services HF (ondes courtes, moyennes et longues)
30 MHz – 87,5 MHz (hors TV)	PMR (Réseaux radio mobile professionnels)
87,5 MHz – 108 MHz, 174 MHz – 223 MHz	Radiodiffusion sonore (FM – RNT)
108 MHz – 880 MHz (hors RNT, TV & TM), GSM R (921 – 925 MHz)	PMR – BALISES
47 MHz– 68 MHz, 470 MHz– 790 MHz	TV
791 MHz – 821 MHz	TM 800 (Téléphonie Mobile en bande 800 MHz)
925 MHz – 960 MHz	TM 900
960 MHz – 1710 MHz	RADARS - BALISES – FH
1805 MHz – 1880 MHz	TM 1800
1880 – 1900 MHz	DECT (Téléphones sans fil domestiques numériques)
2100 – 2170 MHz	TM 2100
2620 - 2690 MHz	TM 2600
2200 – 6000 MHz (hors RLAN et TM)	RADARS – BLR– FH
2400 – 2483,5 MHz, 5150 – 5350 MHz, 5470 – 5725 MHz	Réseaux locaux radioélectriques ou RLAN (Wi-Fi)

Tableau 1 : Liste des services

Une nouvelle dénomination de la liste de services

La neutralité technologique est introduite pour les services de téléphonie mobile. La disparition des termes GSM (2G), UMTS (3G), LTE (4G) au profit de TM (Téléphonie Mobile) est engagée. Les services TM 800 et TM 2600 apparaissent pour le LTE en bande 800 MHz et 2600 MHz.

Le tableau des services est désormais évolutif pour une prise en compte rapide des évolutions ou des usages du spectre radioélectrique, un renvoi dans le protocole indique que la liste des services peut être modifiée conformément aux dispositions du TNRBF.

3.2 Réalisation du Cas A (Evaluation globale de l'exposition)

Lors de la réalisation du Cas A, l'équipement doit être dans un mode permettant d'accéder à la valeur efficace moyennée sur une période de temps de :

- six minutes pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz ;
- n minutes pour les fréquences supérieures à 10 GHz où n, inférieure à 6 minutes, est définie par la formule suivante : $n = 68/f^{1,05}$ avec f exprimée en GHz.

Dans la pratique, une durée inférieure est en général suffisante, dès lors que la valeur efficace moyennée est stable.

La moyenne spatiale de l'intensité du champ électrique E ou magnétique H s'effectuera sur un minimum de trois points (à 110 cm, 150 cm et 170 cm, Cf. la figure 2) conformément aux recommandations de la norme (§ 9.2.2 - Evaluation de l'exposition du corps humain dans un environnement complexe) en utilisant la formule suivante :

⁵ Le Tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) reflète l'ensemble des arrêtés pris par le Premier ministre pour répartir l'exploitation des fréquences. Il traduit ainsi en permanence l'évolution des usages en France, en tenant compte des orientations décidées lors des conférences mondiales des radiocommunications et des décisions européennes d'harmonisation.

$$E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n}} \quad H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n H_i^2}{n}}$$

Avec E_i ou H_i , l'intensité de la grandeur électromagnétique mesurée en un point et n le nombre de points considéré (trois au minimum).

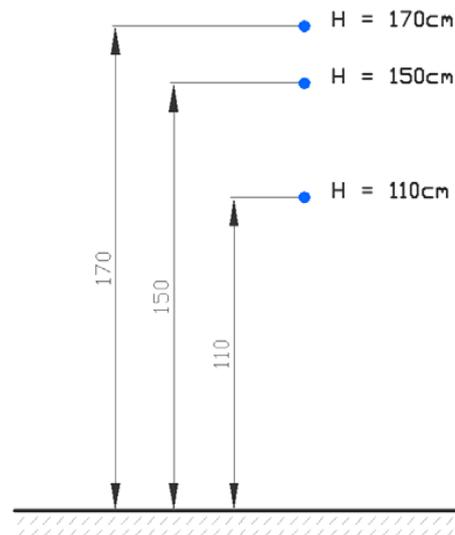


Figure 2 : Position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points

Cette évaluation globale peut être complétée par une évaluation informative des niveaux de champ électrique des principaux services (cf. Annexe et Tableau 1).

La mesure à large bande ne doit pas être utilisée à des fins d'extrapolation. En effet, en l'absence de toute capacité de discrimination de la fréquence, cette extrapolation entraînerait nécessairement une erreur sur l'évaluation de l'exposition maximale.

3.3 Réalisation du Cas B (Évaluation détaillée de l'exposition)

3.3.1 Mesures

Il est recommandé de faire précéder l'évaluation détaillée d'une évaluation globale réalisée conformément au § 3.2 (Réalisation du Cas A (Évaluation globale de l'exposition)).

Le Cas B s'effectue de la manière suivante :

a. Mesure du niveau de champ par service

L'intégration par service est à réaliser conformément à l'annexe D.4 de la norme (Intégration par service, et en complément des réglages mentionnés, choisir un détecteur rms⁶). Les différents services à considérer sont présentés dans le Tableau 1.

⁶ *root mean square* ou valeur quadratique moyenne

b. Relevé des émissions significatives

Pour chaque service, le niveau de chaque émission significative est à reporter. Les émissions significatives sont, a minima, celles dont le niveau est supérieur à 40 dB au-dessous du niveau de référence le plus faible, arrondi à 0,3 V/m. Si aucune émission présente ne dépasse ce niveau, seront reportées au moins les deux émissions les plus fortes.

Les émissions des services faisant l’objet d’une demande particulière doivent également être prises en compte.

La mesure de l’intensité de la composante électrique⁷ du champ électromagnétique pour toutes les émissions significatives détectées s’effectue de la façon suivante :

La fréquence centrale doit être réglée sur le canal d’émission avec une résolution adaptée à la largeur du canal, ou une résolution inférieure en effectuant un calcul cumulatif prenant en compte la forme du filtre de résolution (mode « Channel Power »).

Le récepteur doit être dans un mode permettant d’accéder à la valeur efficace moyennée sur une période de :

- six minutes pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz ;
- n minutes pour les fréquences supérieures à 10 GHz où n, inférieure à 6 minutes, est définie par la formule suivante : $n = 68/f^{1,05}$ avec f exprimée en GHz.

Dans la pratique, une durée inférieure est en général suffisante, dès lors que la valeur efficace moyennée est stable.

La moyenne spatiale s’effectuera sur un minimum de trois points (à 110 cm, 150 cm et 170 cm, Cf. la figure 2) conformément aux recommandations de la norme (§ 9.2.2 - Evaluation de l’exposition du corps humain dans un environnement complexe).

Le niveau reçu sera converti en intensité de champ électrique par la formule :

$$E = F + V + Pc \text{ avec :}$$

E : Intensité de champ électrique en dBV/m	F : Facteur d’antenne en dB(m ⁻¹)
V : Tension efficace en dBV	Pc : Valeur absolue des pertes câble à la fréquence maximale de l’émission en dB

Toutes les fréquences ainsi relevées seront reportées dans le rapport, ainsi que le niveau de champ correspondant.

Pour les services de radiodiffusion, les annexes D1, D2, D3 (Réglage des analyseurs de spectre), E (Mesure et évaluation de différents signaux de radiodiffusion par rapport aux champs EM) de la norme sont applicables.

⁷ Ou magnétique, en cas d’utilisation d’une antenne boucle

Pour les mesures des RLAN (Wi-Fi, IEEE 802.11), les considérations de l'annexe J de la norme (Mesures Wi-Fi) doivent être prises en compte. De plus, le caractère complexe des signaux générés nécessite certaines précautions. Les mesures seront effectuées en mode « channel power » et détection efficace (rms). Pour un canal donné actif dominant, l'excursion totale en fréquence (SPAN) de l'analyseur doit être adaptée à la canalisation (et le temps de balayage doit être supérieur à 20 secondes pour une bande de 25 MHz). Il faut veiller à ne pas avoir de recouvrements dans les largeurs d'intégration. Lorsque plusieurs canaux se recouvrent, la largeur d'intégration doit prendre en compte l'ensemble des canaux actifs.

3.3.2 Extrapolation

Évaluation de l'exposition maximale par extrapolation

L'extrapolation devient plus précise car basée dans tous les cas sur les paramètres réels des cellules environnantes, contrairement à la version précédente. L'usage de téléphones mobiles « à trace » (ou équivalent) est rendu nécessaire pour les bandes de téléphonie mobile ; il permet l'identification sans ambiguïté des cellules environnantes.

En outre, dans cette nouvelle version, l'extrapolation au trafic maximal est requise si le résultat de la mesure large bande est supérieur à 6 V/m ou dans le cas d'une demande particulière.

L'extrapolation consiste à évaluer l'amplitude du champ électromagnétique à puissance maximale d'un réseau radioélectrique (réseau de téléphonie mobile par exemple).

L'extrapolation n'est requise que si le résultat de la mesure large bande est supérieur à 6 V/m ou dans le cas d'une demande particulière.

Extrapolation à puissance maximale des émetteurs 4G (LTE)

Deux méthodes sont proposées et possibles dans le cadre du nouveau protocole. Le choix des deux méthodes d'extrapolation en 4G (LTE) provient de la possibilité offerte dans la norme NF EN 50492. Les résultats des deux méthodes sont équivalents, mais leur mise en œuvre dépend du choix du laboratoire.

Pour les réseaux de téléphonie mobile, les principes du § 10 (Evaluation de l'amplitude du champ lors du trafic maximal d'un réseau cellulaire) et des annexes I (Estimation du trafic maximum de la contribution d'un réseau cellulaire) et L (Mesures LTE) de la norme sont à appliquer. Pour les réseaux radioélectriques indépendants cellulaires (de type TETRA ou TETRAPOL), les principes de l'annexe I.5 (Estimation du trafic maximum pour la contribution au réseau cellulaire PMR TETRA et TETRAPOL) de la norme sont applicables.

Après identification des canaux pilote et à partir du relevé des émissions significatives, voire pour des niveaux inférieurs de façon à assurer la cohérence des résultats, on relève le maximum de la valeur efficace de ces canaux pilote (pour ne pas avoir de risque de sous-estimation de l'extrapolation).

L'usage de téléphones mobiles « à trace » (ou équivalent) est nécessaire pour les bandes de téléphonie mobile ; il permet l'identification sans ambiguïté des cellules environnantes⁸.

⁸ Notamment le LAC et Cell ID, pour le GSM et UMTS et le TAC, Cell ID et PCI, pour le LTE (voir Section 5).

La configuration des réseaux pouvant fortement varier en fonction d'exigences très localisées, **la connaissance des paramètres réels des cellules environnantes⁹ est nécessaire pour déterminer les coefficients d'extrapolation¹⁰.**

Pour les autres cas, en l'absence d'une connaissance détaillée du fonctionnement des émetteurs, une solution est de réaliser une mesure coopérative en situation de charge maximale des émetteurs. Le rapport de mesure doit préciser la méthodologie employée.

Dans tous les cas, lorsque des coefficients d'extrapolation spécifiques sont choisis (à la suite d'une communication avec l'ANFR ou à un contact avec l'opérateur par exemple) ou que des réseaux radioélectriques sont placés dans des conditions de charge spécifiques, le rapport de mesure doit le préciser.

La mesure des RLAN (Wi-Fi)

L'évaluation du maximum de l'exposition est réalisée pour le service RLAN (Wi-Fi) dans un mode coopératif et permettra de prendre en compte toutes les formes d'émission RLAN (Wi-Fi) contrairement à la version précédente qui se limitait aux versions a, b et g.

L'évaluation du maximum est réalisée pour les RLAN (Wi-Fi, IEEE 802.11) dans un mode coopératif (en cas d'impossibilité, le laboratoire en précisera les raisons). Les considérations de l'annexe J de la norme ont été prises en compte et se complètent des précautions suivantes. Les canaux RLAN occupent typiquement une bande supérieure à la bande de résolution (RBW) de la plupart des équipements de mesure de champ. Le champ efficace rayonné est fortement dépendant du trafic transitant à l'émission du point d'accès RLAN considéré. La procédure de mesure visant à estimer le champ maximal théorique consiste à réaliser un traitement de la puissance de canal (power channel) avec un temps de balayage très lent en s'assurant que le trafic des réseaux peut être augmenté jusqu'à son niveau maximum.

3.4 Evaluation des critères liés à l'exposition à des sources émettant à plusieurs fréquences

Si le résultat de la mesure large bande est supérieur ou égal à 6 V/m (Cas A) sans tenir compte des incertitudes dès lors que les exigences du §3.5 sont respectées, il convient d'évaluer les critères suivants à puissance maximale des émetteurs le cas échéant.

Pour les fréquences comprises entre 1 Hz et 10 MHz, il conviendra de respecter les critères suivants :

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{El, i} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \qquad \sum_{j=1\text{kHz}}^{150\text{kHz}} \frac{H_j}{HL, j} + \sum_{j>150\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

Pour le présent protocole, i et j sont à considérer à partir de 100 kHz¹¹.

Où :

⁹ Notamment le n_{TRX} pour le GSM, le ratio η_{cpich} pour l'UMTS et le ratio n_{RS} et *Boosting Factor* pour le LTE (voir Section 5).

¹⁰ Après la mesure, en situation de mesure non coopérative.

¹¹ Les champs basses fréquences de 0 Hz à 100 kHz ne sont pas couverts par le présent document. Toutefois, les principes du protocole peuvent être appliqués jusqu'à 9 kHz avec une antenne appropriée.

- E_i intensité du champ électrique mesuré à la fréquence i
- E_{l,i} niveau de référence d'intensité de champ électrique à la fréquence i
- H_j intensité du champ magnétique à la fréquence j, soit calculée à partir de la mesure de E_j, soit mesurée directement, conformément aux exigences du § 7 de la norme
- H_{l,j} niveau de référence d'intensité de champ magnétique à la fréquence j
- a = 87 V/m
- b = 5 A/m (6,25 μT)

Pour les fréquences égales ou supérieures à 100 kHz :

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}}\right)^2 \leq 1 \quad \sum_{j=100\text{kHz}}^{150\text{kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>150\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{l,j}}\right)^2 \leq 1$$

Où :

- E_i intensité du champ électrique à la fréquence i
- E_{l,i} niveau de référence d'intensité de champ électrique à la fréquence i
- H_j intensité du champ magnétique à la fréquence j, soit calculée à partir de la mesure de E_j, soit mesurée directement, conformément aux exigences du § 7 de la norme
- H_{l,j} niveau de référence d'intensité de champ magnétique à la fréquence j
- c = 87/√f
- d = 0,73/ f avec c en V/m, d en A/m, f en MHz

3.5 Incertitude des mesures

Les incertitudes doivent être fournies dans le rapport. Elles seront calculées en accord avec le paragraphe 11.2 (Estimation de l'incertitude) de la norme et présentée suivant le modèle du Tableau 5 (Evaluation de l'incertitude sur site) de la même norme.

Remarque : le niveau maximum d'incertitude étendue de 4 dB spécifié au paragraphe 11.1 (Exigence relative à l'incertitude étendue) de la norme ne prend pas en compte :

- La « non platitude » de la réponse en fréquences des sondes de mesure large ;
- La dérive dans le temps des équipements après étalonnage.

3.6 Conclusions

La mesure sur site permet de conclure sur le respect des niveaux de référence y compris lorsque plusieurs équipements ou installation radioélectriques sont à l'origine des champs électromagnétiques à des fréquences comprises entre 100 kHz et 300 GHz.

4 Rapport

Conformément à l'Arrêté du 14 décembre 2013, le rapport de mesure sera transmis à l'Agence nationale des fréquences sous un format spécifié par l'Agence et le mettra à disposition du public conformément à l'article L.34-9-1 du code des postes et des communications électroniques.

5 Termes et définitions

E	intensité du champ électrique.
EI	niveau de référence d'intensité (limite) de champ électrique.
H	intensité du champ magnétique.
HI	niveau de référence d'intensité (limite) de champ magnétique.
n_{TRx}	désigne, pour le GSM, le rapport entre la puissance maximale de la station de base et la puissance allouée au canal pilote (généralement le nombre pertinent d'émetteurs).
n_{cpich}	désigne, pour l'UMTS, le rapport entre la puissance allouée maximale et la puissance allouée au canal pilote.
n_{RS}	désigne pour le LTE, le rapport de la puissance totale de sortie maximale de la station de base sur la puissance du signal de référence RS de la station de base n_{RS} correspondant au nombre de sous-porteuses. Il est fourni par l'opérateur ou peut être calculé de manière théorique en supposant que la puissance des sous-porteuses RS est au même niveau de puissance que les autres sous-porteuses.
BF	<i>boosting factor</i> ou facteur d'amplification : spécifique à chaque opérateur de réseau, il représente l'augmentation de la puissance des sous-porteuses RS.
LAC	désigne le code d'une zone de localisation au sein d'un réseau de téléphonie mobile qui est propre à un opérateur.
TAC	désigne le code d'une zone en LTE.
Cell ID	désigne l'identifiant unique d'une cellule sur un réseau de téléphonie mobile qui est propre à un opérateur.
PCI	désigne l'identité physique d'une cellule en LTE qui la distingue de ses voisines immédiates.

6 Références

- [1] Loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.
- [2] Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.
- [3] Décret n° 2013-1162 du 14 décembre 2013 relatif au dispositif de surveillance et de mesure des ondes électromagnétiques.
- [4] Arrêté du 14 décembre 2013 pris en application du décret n° 2013-1162 du 14 décembre 2013 relatif au dispositif de surveillance et de mesure des ondes électromagnétiques.
- [5] Norme NF EN 50492 de janvier 2009 : Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base.
- [6] Norme NF EN 50492/A1 du 25 juillet 2014 : Annexe L - Mesures LTE.
- [7] Recommandation ECC (02)04 (revised Bratislava 2003, Helsinki 2007) measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz).

ANNEXE

Cas A Services (évaluation informative complémentaire des niveaux de champ électrique des principaux services)

L'évaluation globale peut être complétée par une évaluation informative des niveaux de champ électrique des principaux services. Cette dernière cherche à évaluer la valeur efficace (rms) pour chaque bande mesurée, et notamment les bandes FM, TV, Téléphonie Mobile, Téléphonie sans fils (DECT), et Réseaux locaux radioélectriques (Wi-Fi) telles que définies au Tableau 1.

L'emplacement du point de mesure pour l'évaluation informative est celui des points considérés lors du Cas A pour obtenir la moyenne spatiale pour lequel le niveau de champ est maximal. L'équipement doit être considéré au niveau métrologie comme un équipement critique, et à ce titre une incertitude de mesure doit être fournie.

L'équipement doit être dans un mode permettant d'accéder à la valeur efficace moyennée sur une période de temps de :

- six minutes pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz ;
- n minutes pour les fréquences supérieures à 10 GHz où n, inférieure à 6 minutes, est définie par la formule suivante : $n = 68/f^{1,05}$ avec f exprimée en GHz.

Dans la pratique, une durée inférieure est en général suffisante dès lors que la valeur efficace moyennée est stable.

Ces évaluations par service ont recours à :

- des analyseurs de spectre ou récepteurs (associées aux systèmes antennaires associées) dont un exemple de réglages est donné en annexe D.4 de la norme (Intégration par service). La canalisation des émissions pourra être respectée afin de pouvoir restituer le spectre en fréquence ;
- des sondes ayant une réponse uniforme modulée spéciale (« *special flat shaped probe* » en anglais, cf. l'annexe C de la norme).

Remarque : les mesures peuvent être répétées sur une période de 24 heures ou plus, permettant ainsi de visualiser en un point donné la variation du niveau de champ sur la période considérée.