



PROTOCOLE DE MESURE

Visant à vérifier sur site, pour les équipements fixes utilisés dans les réseaux de télécommunication ou pour les installations radioélectriques, le respect des niveaux de référence de l'exposition du public aux champs radioélectriques prévus par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002

PROJET DE DOCUMENTATION DE REFERENCE : ANFR/DR 15-4.1

VERSION 4.1 - Septembre 2019

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
V 3	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	29 juin 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 : § 3.1 Complément d'information sur les hauteurs de mesure Modification : § 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
V4.0	28 août 2017	Prise en compte des objets connectés Mesures de l'exposition dans la bande 9 kHz - 100 kHz Ajout de la bande TM 700 dans le tableau des services Modification de l'analyse de site dans la bande 100 kHz – 6 GHz Modification incertitude de mesure
V4.1	24 juillet 2019	Prise en compte de la bande 3,4 - 3,8 GHz

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION	4
2 PROCESSUS GENERAL	5
3 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX RADIOFREQUENCES 100 KHZ-300 GHZ	6
3.1 ANALYSE DU SITE	6
3.2 PROCESSUS DE MESURE	7
3.2.1 GENERALITES.....	7
3.2.2 REALISATION DU CAS A (EVALUATION GLOBALE DE L'EXPOSITION).....	9
3.2.3 REALISATION DU CAS B (EVALUATION DETAILLEE DE L'EXPOSITION)	10
3.2.4 EVALUATION DES CRITERES LIES A L'EXPOSITION A DES SOURCES EMETTANT A PLUSIEURS FREQUENCES.....	12
3.2.5 INCERTITUDE DES MESURES	13
3.2.6 CONCLUSIONS.....	13
3.3 RAPPORT	13
3.4 TERMES ET DEFINITIONS	13
4 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX FREQUENCES INTERMEDIAIRES 9 KHZ - 100 KHZ	15
4.1 ANALYSE DU SITE	15
4.2 PROCESSUS DE MESURE	15
4.2.1 Généralités	15
4.2.2 Réalisation de la mesure	16
4.2.3 Incertitudes.....	16
4.2.4 Evaluation des critères liés à l'exposition	16
4.2.6 Conclusion	16
4.3 RAPPORT	16
5 REFERENCES	17
CAS A SERVICES (EVALUATION INFORMATIVE COMPLEMENTAIRE DES NIVEAUX DE CHAMP ELECTRIQUE DES PRINCIPAUX SERVICES)	18

TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Liste des services	8
Figure 1 : Processus de mesure.....	5
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.

Le présent protocole traite des mesures nécessaires pour vérifier le respect des niveaux de référence pour les champs électromagnétiques pour des fréquences de 9 kHz à 300 GHz, à l'exception de ceux concernant les courants de contact d'objets conducteurs.

Selon l'objet de l'évaluation, les mesures portent sur la gamme de fréquences 100 kHz – 300 GHz, et/ou sur la bande de fréquences 9 kHz – 100 kHz.

Il est recommandé, pendant les mesures, d'éteindre les équipements dont les émissions sont contrôlées et non permanentes. Cependant, si un ou des équipements font l'objet d'une demande particulière, elle doit être expressément signifiée dans le rapport de mesure et des dispositions particulières doivent être prises pour que ces équipements soient en émission au cours des mesures.

Pour la gamme de fréquences 100 kHz - 300 GHz, le protocole est conforme aux exigences de la norme NF EN 50492 de janvier 2009 et de son annexe L NF EN 50492/A1 de juillet 2014, 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. Les exigences de cette norme sont applicables sauf mention contraire dans le présent document. Pour les thématiques non couvertes par cette norme (signaux radar), la recommandation ECC (02)04 peut être utilisée (disponible sur le site Internet de l'ECO, *European communications office*). Dans cette bande de fréquences 100 kHz – 300 GHz, 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.

Pour la gamme de fréquences 9 kHz – 100 kHz, le protocole s'appuie sur la norme IEC 61786-2 de décembre 2014 : Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquence de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 2 : Norme de base pour les mesures.

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 ; les critères de l'annexe 2.3 – B de ce même décret prenant en compte le cumul des sources sont également appliqués.

2 Processus général

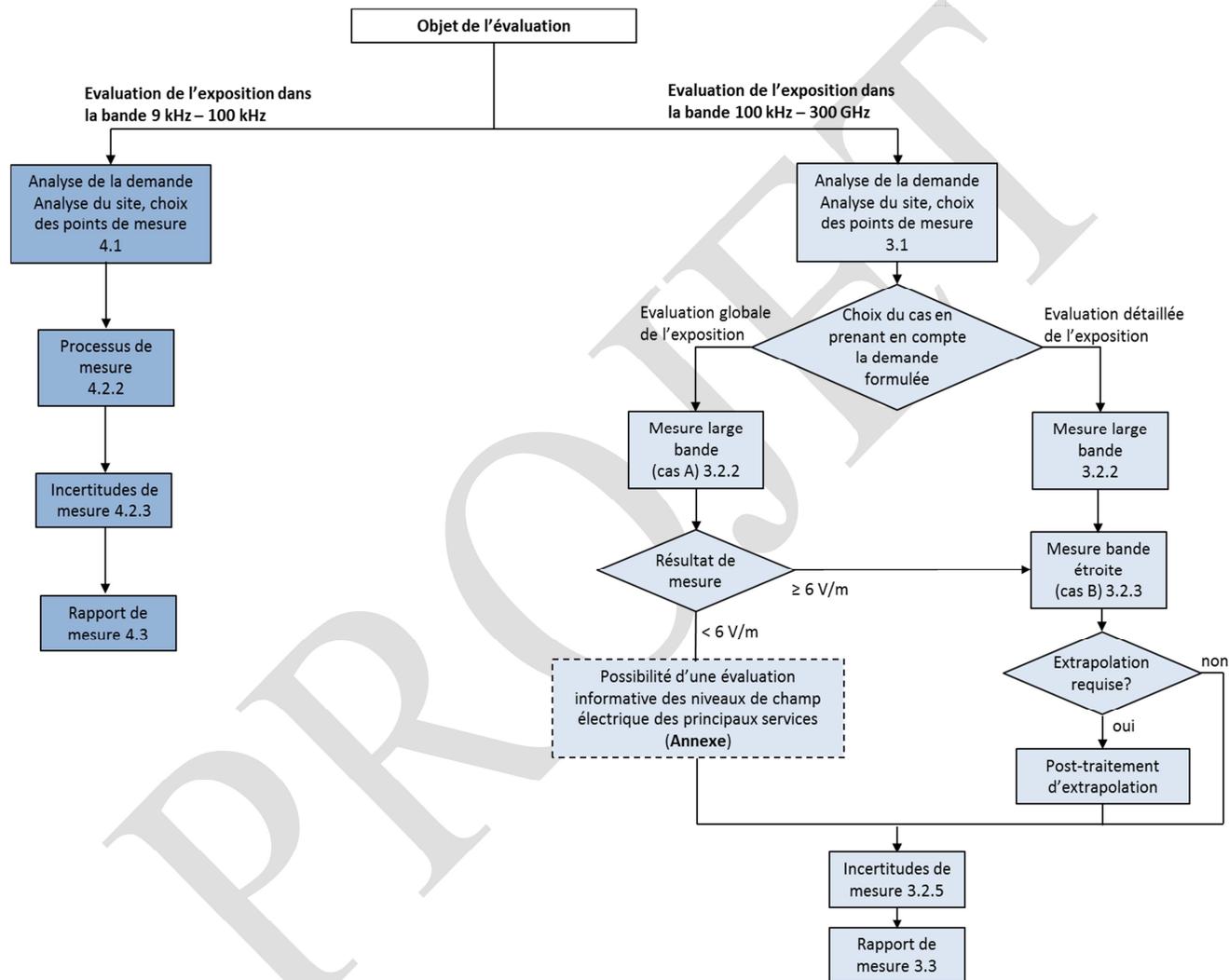


Figure 1 : Processus de mesure

3 Evaluation de l'exposition aux radiofréquences 100 kHz-300 GHz

3.1 Analyse du site

L'analyse du site devra être effectuée conformément au paragraphe 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 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 paragraphe 7 de la norme NF EN 50492 (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 point d'amplitude de champ maximale en utilisant le mode opératoire recommandé par l'annexe C.2.3 de la norme NF EN 50492¹. Les résultats obtenus pour les points de mesure intermédiaires, relevés à une hauteur de 150 cm, doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Dans le cas d'un équipement fixe qui fait l'objet d'une demande particulière (tel un objet connecté, un compteur communicant par exemple), une évaluation intermédiaire sera déterminée en moyenne sur 6 minutes sur la bande de fréquences de l'équipement, à une distance projetée de 50 cm la plus proche de l'équipement, dans la plage de hauteur de 1m10 à 1m70. Ainsi l'exposition d'un équipement à une hauteur entre 1m10 et 1m70 sera mesurée à une distance de 50 cm en face de l'équipement et à sa hauteur. Pour un équipement situé à une hauteur en dessous de 1m10 elle sera mesurée à une hauteur de 1m10, et pour une hauteur de l'équipement au-delà de 1m70, l'exposition sera mesurée à une hauteur de 1m70. La valeur moyenne du champ sur 6 minutes pourra être évaluée à partir de la mesure sur 6 minutes sur un seul axe et des mesures des valeurs instantanées maximales sur tous les axes. Les valeurs instantanées maximales seront indiquées à titre informatif. Une configuration différente pourra être utilisée en cas de demande ou contrainte particulière tout en respectant une distance minimale de 20 cm.

¹ Pour la sonde, choisir un détecteur RMS

En l'absence d'un nombre d'émissions suffisant, le rapport indiquera qu'il n'a pas été possible de garantir l'évaluation complète du niveau de champ électromagnétique créé par l'équipement.

3.2 Processus de mesure

3.2.1 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 au-delà de 100 kHz. 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.

Un point de mesure supplémentaire sera réalisé le cas échéant si l'analyse du site révèle un point remplissant les critères techniques déterminés par l'Agence nationale des fréquences relatifs aux points atypiques définis dans l'article L34-9-1 du Code des Postes des Communications Electroniques.

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 NF EN 50492 (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 électriques 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.

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 – Objets communicants
47 MHz– 68 MHz, 470 MHz – 790 MHz	TV
758 MHz – 788 MHz ⁶	TM 700 (Téléphonie Mobile en bande 700 MHz)
791 MHz – 821 MHz	TM 800 (Téléphonie Mobile en bande 800 MHz)
925 MHz – 960 MHz	TM 900 (Téléphonie Mobile en bande 900 MHz)
960 MHz – 1710 MHz	RADARS - BALISES – FH
1805 MHz – 1880 MHz	TM 1800 (Téléphonie Mobile en bande 1800 MHz)
1880 – 1900 MHz	DECT (Téléphones sans fil domestiques numériques)
2100 – 2170 MHz	TM 2100 (Téléphonie Mobile en bande 2100 MHz)
2620 - 2690 MHz	TM 2600 (Téléphonie Mobile en bande 2600 MHz)
3400 – 3800 MHz	TM 3600 (Téléphonie Mobile en bande 3600 MHz)
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

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.

⁶ Le transfert de la bande 700 MHz (694-790 MHz) de la télévision numérique terrestre à la téléphonie mobile se fait selon un calendrier qui s'étale entre le 5 avril 2016 et le 30 juin 2019 (<http://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/la-bande-700-mhz>)

Conformément à la norme NF EN 50492, la distance minimale entre l'extrémité de la sonde de mesure et l'opérateur, ainsi que tout objet réfléchissant, doit être de 1 m pour les mesures entre 100 kHz et 300 MHz et de 0,5 m pour les mesures au-dessus de 300 MHz (à l'exception des mesures intermédiaires qui peuvent être réalisées à des distances inférieures dans le cas d'un équipement fixe qui fait l'objet d'une demande particulière).

Lorsqu'il existe pour le service TM3600 des niveaux d'exposition créés par d'autres services que la téléphonie mobile, ces niveaux seront mentionnés au service RADARS-BLR-FH.

3.2.2 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,
- $68/f^{1,05}$ minutes (f est exprimée en GHz) pour des fréquences supérieures à 10 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 NF EN 50492 (paragraphe 9.2.2 - Evaluation de l'exposition du corps humain dans un environnement complexe) en utilisant la formule suivante :

$$(E \text{ ou } H)_{\text{moyenne spatiale}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i \text{ ou } H_i)^2}{n}}$$

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).

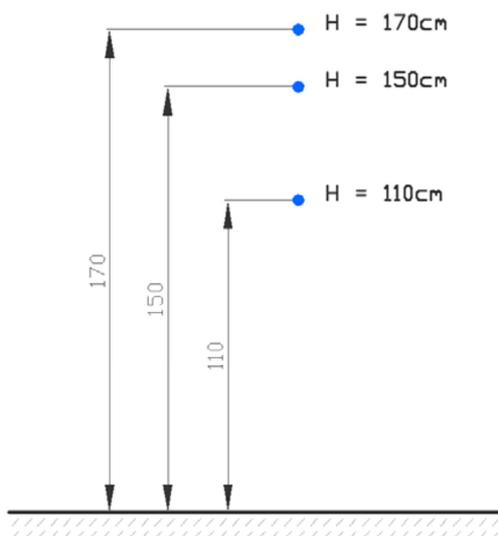


Figure 2 : Position des points de mesure pour le calcul d'une valeur moyenne spatiale sur trois points

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.

3.2.3 Réalisation du Cas B (Evaluation détaillée de l'exposition)

3.2.3.1 Mesures

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

Le Cas B s'effectue en procédant à une moyenne spatiale sur un minimum de trois points (à 110 cm, 150 cm et 170 cm, Cf. la figure 2) conformément aux recommandations de la norme NF EN 50492 (paragraphe 9.2.2 - Evaluation de l'exposition du corps humain dans un environnement complexe) et 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 NF EN 50492 (Intégration par service, et en complément des réglages mentionnés, choisir un détecteur rms⁷). Les différents services à considérer sont présentés dans le Tableau 1.

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 mais ne feront pas l'objet d'un post traitement d'extrapolation sauf demande particulière.

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 électrique⁸ 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,
- $68/f^{1,05}$ minutes (f est exprimée en GHz) pour des fréquences supérieures à 10 GHz.

⁷ rms — root mean square / valeur quadratique moyenne

⁸ Ou magnétique, en cas d'utilisation d'une antenne boucle

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

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

$$E_{dBV/m} = F_{dB(m^{-1})} + V_{dBV} + P_{c,dB} \text{ avec :}$$

F : Facteur d'antenne	P_c : Valeur absolue des pertes câble à la fréquence maximale de l'émission
V : Tension efficace	E : Intensité de champ électrique

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 NF EN 50492 sont applicables.

Pour les mesures des RLAN (Wi-Fi, IEEE 802.11), les considérations de l'annexe J de la norme NF EN 50492 (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.

3.2.3.2 Extrapolation

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.

Pour les réseaux de téléphonie mobile, les principes du paragraphe 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 NF EN 50492 sont à appliquer. Quelle que soit la technologie, le principe est de mesurer des signaux de signalisation qui sont émis à puissance constante et qui permet d'accéder à la puissance maximale par calcul à l'aide de caractéristique technique du réseau définis dans la section 5. Pour la 2G (GSM), la mesure instantanée des canaux du pilote (BCCH) est utilisée. Pour la 3G (UMTS), la mesure instantanée du canal du pilote commun de la station de base (CPICH) est utilisée. Pour la 4G (LTE), le signal de référence RS et le signal de synchronisation S-SYNC sont utilisés ou le canal PBCH selon la méthode retenue.

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 NF EN 50492 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 environnantes⁹.

La configuration des réseaux pouvant fortement varier en fonction d'exigences très localisées, **la connaissance des paramètres réels des cellules environnantes¹⁰ est nécessaire pour déterminer** les coefficients d'extrapolation¹¹.

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, éventuellement à l'aide d'un émulateur, notamment pour les objets communicants, le rapport de mesure doit le préciser.

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 NF EN 50492 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) et détection efficace (RMS) avec un temps de balayage très lent en s'assurant que le trafic des réseaux peut être augmenté jusqu'à son niveau maximum.

3.2.4 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 paragraphe 3.2.5 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 :

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

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

Où :

- 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 paragraphe 7 de la norme NF EN 50492
- 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)

⁹ Notamment le LAC et Cell ID, pour le GSM et UMTS et le TAC, Cell ID et PCI, pour le LTE

¹⁰ Notamment le Nb_{TRX} pour le GSM, le ratio η_{cpich} pour l'UMTS et le ratio n_{RS} et Boosting Factor pour le LTE

¹¹ Après la mesure, en situation de mesure non coopérative

Pour les fréquences égales ou supérieures à 100 kHz :

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

Où

E_i intensité du champ électrique à la fréquence i

El,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 paragraphe 7 de la norme NF EN 50492

Hl,j niveau de référence d'intensité de champ magnétique à la fréquence j

$c = 87/\sqrt{f}$ $d = 0,73/f$, avec c en V/m, d en A/m, f en MHz

3.2.5 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 NF EN 50492 et présentée suivant le modèle du Tableau 5 (Evaluation de l'incertitude sur site) de la même norme.

Remarque : le niveau d'incertitude étendue de 4 dB spécifié au paragraphe 11.1 (Exigence relative à l'incertitude étendue) de la norme NF EN 50492 est une cible à atteindre, le niveau maximum ne devant pas dépasser 6 dB.

3.2.6 Conclusions

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

3.3 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.

Les incertitudes de mesure devront être évaluées en pourcentage et intégrées aux rapports de mesure.

3.4 Termes et définitions

η_{TRx} désigne, pour le GSM, le rapport pertinent entre la puissance maximale de la station de base et la puissance allouée au canal pilote (généralement le nombre pertinent d'émetteurs)

η_{cpich} désigne, pour l'UMTS, le rapport pertinent 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 aux nombres de sous-porteuses et est fourni par l'opérateur ou peut être calculé de manière théorique (en supposant que la puissance des sous-porteuses RS sont au même niveau de puissance que les autres sous-porteuses)

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

PROJET

4 Evaluation de l'exposition aux fréquences intermédiaires 9 kHz - 100 kHz

4.1 Analyse du site

La mesure de l'exposition couvrira la bande 9 kHz – 100 kHz. Parmi les sources de champs dans cette gamme de fréquences figurent notamment des compteurs communicants pouvant fonctionner à l'aide de courant porteur en ligne (CPL) utilisant des porteuses dans la bande 30 kHz – 95 kHz.

Il est indispensable de faire un repérage des éléments susceptibles d'influencer les mesures et de choisir en accord avec le demandeur la localisation des points de mesure. Les conditions de fonctionnement (appareils dans l'entourage du point de mesure éteints ou non, débranchés ou non) seront notées dans le rapport de mesure.

Le site de mesure étant clairement caractérisé, le processus de mesure peut être initialisé après avoir déterminé, en fonction de la demande du client, le point d'évaluation de la conformité vis-à-vis du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002, dans la bande 9 kHz – 100 kHz. Les résultats obtenus pour les points de mesure intermédiaires, relevés à distance minimale de 20 cm de tout objet métallique, dans la bande de fréquences 9 kHz – 100 kHz, en valeurs instantanées maximales, doivent être consignés dans le rapport d'essai.

4.2 Processus de mesure

4.2.1 Généralités

Conformément au décret n° 2002-775 du 3 mai 2002, dans la bande 9 kHz – 100 kHz, les niveaux de champs magnétiques et électriques ne doivent pas être moyennés dans le temps. Pour prononcer la conformité, les résultats de la mesure en amplitude seront des niveaux de champ maximal.

Dans cette gamme de fréquence, les deux composantes électrique et magnétique doivent être mesurées. Le champ électrique est exprimé en volt par mètre (V/m). Le champ magnétique est exprimé en micro tesla (μT) ou en ampère par mètre (A/m) selon l'équivalence :
 $1 \text{ A.m}^{-1} = 1,25 \mu\text{T}$.

Les champs magnétiques et électriques sont caractérisés en fonction de leur fréquence et en amplitude sur l'ensemble de la bande 9 kHz – 100 kHz.

Le seuil de détection des appareils de mesure doit être inférieur à 0,001 μT pour le champ magnétique et 0,01 V/m pour le champ électrique pour la bande de fréquence de mesure 9 kHz – 100 kHz.

Le protocole de mesure dans la bande de fréquences 9 kHz – 100 kHz s'appuie sur la norme de base IEC 61786-2 (mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – partie 2: norme de base pour les mesures) [8].

Une distance de 2 m doit être respectée entre l'opérateur et la sonde pour limiter la perturbation liée au corps de l'opérateur.

La sonde doit être placée sur un trépied isolant.

4.2.2 Réalisation de la mesure

Une analyse spectrale sera effectuée pour la polarisation dominante dans la bande 9 kHz – 100 kHz en mode min-hold, et max-hold avec une résolution de 100 Hz en champ électrique et en champ magnétique.

Lorsqu'un équipement fait l'objet de la mesure, les deux composantes de champ électrique et magnétique doivent être relevées en valeurs instantanées maximales sur trois axes orthogonaux sur la bande de fréquences de l'équipement. Les valeurs moyennes sur 6 minutes seront indiquées à titre informatif à partir de la mesure sur 6 minutes, sur un axe d'une composante du champ électromagnétique. En l'absence d'un nombre d'émissions suffisant, le rapport indiquera qu'il n'a pas été possible de garantir la mesure complète du niveau de champ électromagnétique créé par l'équipement.

Si la bande de fréquences de l'objet dépasse 100 kHz, le principe de la mesure pourra être appliqué jusqu'à 1 MHz à la condition que le résultat ne dépasse pas les valeurs limites réglementaires.

4.2.3 Incertitudes

Les incertitudes doivent être fournies dans le rapport. Elles seront calculées en accord avec le paragraphe 6 (Estimation de l'incertitude) de la norme IEC 61786-2.

4.2.4 Evaluation des critères liés à l'exposition

Dans la bande de fréquence 9 kHz - 100 kHz, les niveaux de référence fixés par le décret du 3 mai 2002 sont de 87 V/m pour le champ électrique et de 6,25 μ T pour l'induction magnétique.

4.2.6 Conclusion

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 9 kHz et 100 kHz.

4.3 Rapport

Le rapport de mesure sera transmis à l'Agence nationale des fréquences sous un format spécifié par l'Agence qui le mettra à disposition du public.

Les incertitudes de mesure devront être évaluées en pourcentage et intégrées aux rapports de mesure.

5 Références

- [1] Article L39-4-1 du Code des Postes et des Communications Electroniques
- [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).
- [8] Norme IEC 61786-2 de décembre 2014 : Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquence de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 2 : Norme de base pour les mesures

ANNEXE

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

L'évaluation globale dans la bande 100 kHz – 300 GHz peut être complétée par une évaluation informative des niveaux de champ électrique des principaux services. Cette dernière cherche à évaluer la valeur efficace (rms — root mean square / valeur quadratique moyenne) 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 du Cas A à la hauteur 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,
- $68/f^{1,05}$ minutes (f est exprimée en GHz) pour des fréquences supérieures à 10 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 (associés aux systèmes antennaires associés) 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.