



PROTOCOLE DE MESURE IN SITU

Visant à vérifier pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations,
en terme 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 15-2.1

VERSION 2.1 - EDITION 2004

REVISIONS

Indice	Date	Nature des révisions
V 1	28 juin 2001	Création du document
V 2	03 novembre 2003	Application des exigences de la recommandation ECC (02) 04
V 2.1	03 mai 2004	Prise en compte des signaux du service « UMTS » <i>Modifications : § 3.1 Figure 1 - § 3.3.3 - § A 1.8</i> Identification du service « DECT » <i>Modification : § 3.3.2 Tableau 1</i> Estimation du nombre de TRX en GSM <i>Modification : § 3.3.3 Tableau 2</i> Les évolutions des réseaux GSM <i>Nouveau : § A 1.2.2.3</i>

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	5
2 ANALYSE DES SITES.....	6
3 PROCESSUS DE MESURE	6
3.1 Procédure d’application de la recommandation ECC (02) 04	6
3.2 Niveaux de décision	8
3.3 Remarques sur l’application de la recommandation ECC (02) 04	8
3.4 Incertitude des mesures	11
4 - RAPPORT.....	14
5 - REFERENCES	14
ANNEXE 1 : CARACTERISATION DES EMISSIONS.....	16
A 1.1 Présentation des principales émissions :	16
A 1.2 les réseaux de type GSM	17
A 1.3 Les émissions de radiodiffusion « TV ».....	21
A 1.4 Les émissions de radiodiffusion « sonore ».....	21
A 1.5 Les Réseaux Radioélectriques Indépendants.....	22
A 1.6 Les réseaux de type TETRA :	22
A 1.7 Les réseaux de type TETRAPOL :	23
A 1.8 Les réseaux de type UMTS	23
ANNEXE 2 : RECOMMANDATION ECC (02) 04 REVISEE	25
ANNEXE 3 : RAPPORT DE L’APPLICATION DU PROTOCOLE DE MESURE.....	49

Tableaux et figures

Figure 1 : Procédure d'application de la recommandation ECC (02) 04	7
Figure 2 : Application du "CAS 2"	9
Figure 3 : Enveloppes des « bursts » sur les canaux « mobile » et « station de base » en GSM.....	19
Figure 4 : Variations dues à la propagation des ondes	19
Figure 5 : Allure du champ dans le cas de « fast fading ».....	20
Figure 6 : Allure du champ dans le cas de « Shadowing effect ».....	20
Figure 7 : Variation typique du trafic au cours de la journée.....	21
Tableau 1 : "CAS 2" Seuil de détection des analyses par sous bandes de fréquences	8
Tableau 2 : Estimation du nombre de TRX en GSM	10
Tableau 3 : Estimation du rapport "Puis. max. d'une station UMTS / Puis. du canal CPICH"	10
Tableau 4 : Evaluation de l'incertitude totale	13
Tableau 5 : Bandes de fréquences des principaux types d'émissions	16
Tableau 6 : Bandes de fréquences allouées au GSM.....	17

1 Introduction

Ce document a pour objectif de décrire la méthode de mesure retenue par l'Agence Nationale des Fréquences concernant l'application du décret n° 2002-775 du 03 mai 2002 conformément aux exigences de la recommandation de l'ECC (02) 04 (European Communications Committee).

La présente méthode est particulièrement adaptée aux émissions des réseaux mobiles de type GSM 900/1800 ou UMTS, de radiodiffusion (sonore ou visuelle) et des Réseaux Radioélectriques Indépendants. Le tableau de fréquences des émissions considérées est présenté en annexe 1.

Le présent protocole de mesure 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, cela peut être réalisé, mais doit être expressément signifié dans le rapport de mesure.

Dans certaines situations où l'exposition est fortement localisée comme c'est le cas avec des téléphones portables ou mobiles en général par rapport à la tête, l'utilisation de la présente méthode n'est pas appropriée. Le présent protocole se limite aux stations émettrices fixes.

Le présent protocole traite uniquement les niveaux de référence pour les champs électromagnétiques de 9 kHz à 300 GHz à l'exception de ceux concernant les courants de contact d'objets conducteurs.

Le processus adopté est composé d'une analyse des sites suivie de relevés de niveaux de champs électromagnétiques. Les niveaux relevés 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.

Le respect de tous les niveaux de référence garantira le respect des restrictions de base de l'annexe 2.1 du décret. Si les valeurs mesurées sont supérieures aux niveaux de référence, il n'en découle pas un dépassement des restrictions de base. Dans ce cas, il conviendrait d'évaluer si les niveaux d'exposition sont inférieurs aux restrictions de base, cela n'est cependant pas abordé dans le présent protocole.

2 Analyse des sites

La première étape d'une campagne de mesures consiste à établir une topologie des émetteurs présents et de leurs zones de rayonnement « privilégiées ». Cette topologie sera faite de façon visuelle, et affinée par des mesures spectrales sélectives. Des téléphones mobiles « à trace » pourront être utilisés pour les bandes GSM 900/1800. 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.

Le cas particulier de la zone de mesure à proximité d'une source de champs électromagnétiques (vérification d'un périmètre de sécurité) doit être traité avec beaucoup de précautions, notamment le système de mesure doit être adapté aux niveaux d'énergie à contrôler.

Les zones de mesure étant clairement identifiées, une analyse de ces dernières est alors entreprise. Conformément à l'annexe A - § 6.1 de la recommandation de l'ECC (Cf. annexe 2), la mesure du champ électromagnétique de chaque émission se limitera si cela est possible à la mesure d'une seule de ses composantes « E » (électrique) ou « H » (magnétique). Cela se fera en s'assurant préalablement que les conditions d'une émission en champ formé sont réunies. Dans le cas contraire, les composantes E et H seront évaluées séparément.

Les zones de mesure étant clairement caractérisées, le processus de mesure peut être initialisé.

3 Processus de mesure

3.1 Procédure d'application de la recommandation ECC (02) 04

La Figure 1 définit la procédure générale d'application de la recommandation ECC (02) 04. La méthode de mesure est précisément décrite dans les annexes de la recommandation (02) 04 (Cf. annexe 2).

Cette recommandation est fondée sur l'application de 3 procédures particulières (« CAS 1 », « CAS 2 » et « CAS 3 ») liées au contexte de l'environnement électromagnétique.

Toutes les mesures débiteront par l'exécution du « CAS 1 » (Analyse rapide), suivie du « CAS 2 » (Analyse par bandes de fréquences). L'exécution du « CAS 3 » (Analyse détaillée) sera réalisée si les différents niveaux de décision présentés au § 3.2 du présent document sont atteints.

Seule l'exécution du « CAS 3 » peut déterminer un non-respect des limites d'exposition et de ce fait garantit un important degré de confiance dans les résultats.

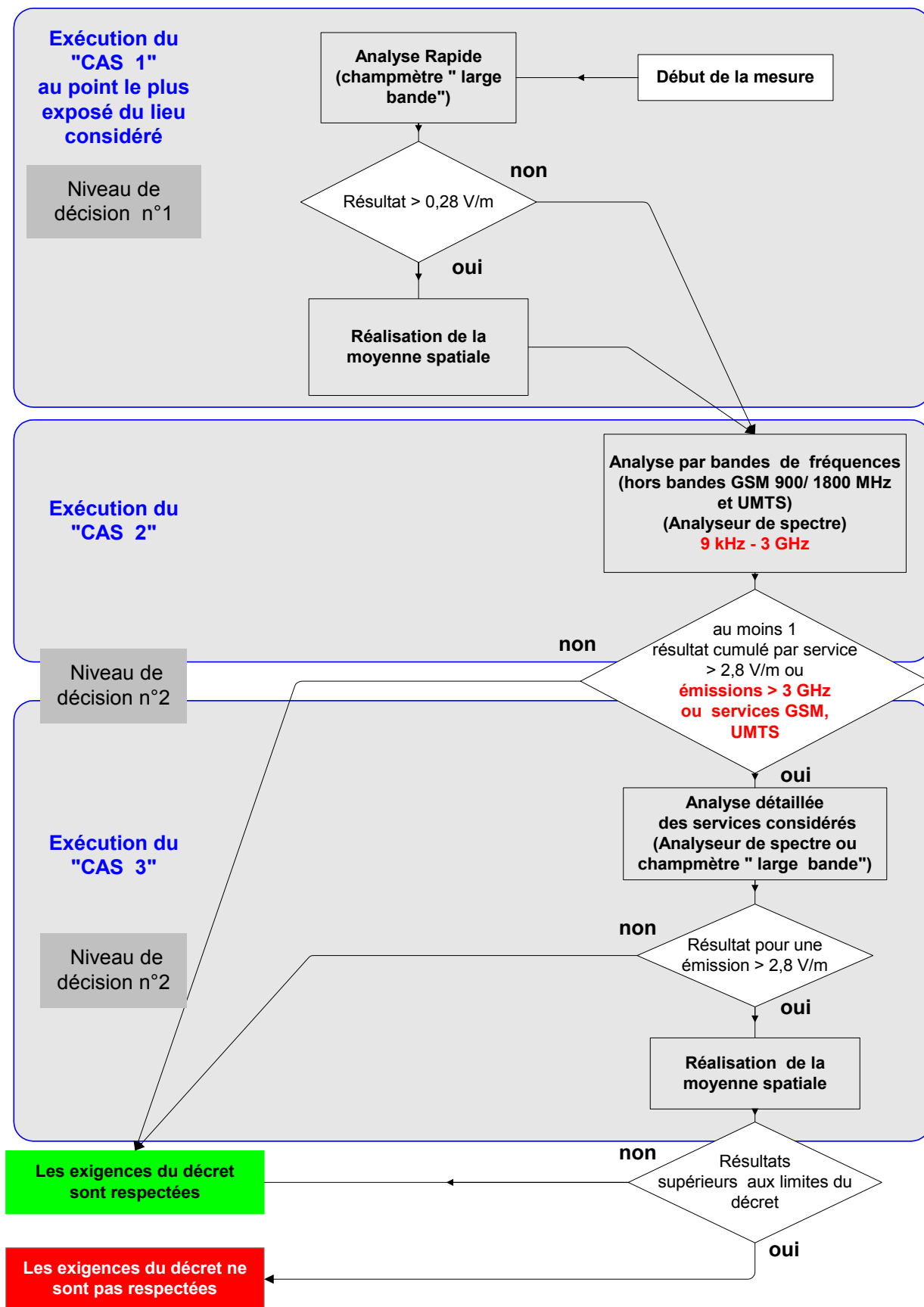


Figure 1 : Procédure d'application de la recommandation ECC (02) 04

3.2 Niveaux de décision

Compte tenu des limites du décret n° 2002 - 775 du 3 mai 2002, les niveaux de décision suivants ont été retenus :

- **Niveau de décision n°1 = 0,28 V/m** (40 dB au-dessous de la limite la plus basse, soit le centième de la valeur limite la plus basse),
- **Niveau de décision n°2 = 2,8 V/m** (20 dB au-dessous de la limite la plus basse, soit le dixième de la valeur limite la plus basse).

3.3 Remarques sur l'application de la recommandation ECC (02) 04

3.3.1 Application du « CAS 1 »

La moyenne spatiale s'effectuera sur trois points conformément aux spécifications de l'annexe A - § 6.2 de la recommandation de l'ECC (Cf. annexe 2) dès que le niveau de décision n°1 est atteint. Les 3 valeurs à moyenner seront fournies.

3.3.2 Application du « CAS 2 »

Les opérations du « CAS 2 » s'effectueront au point de mesure retenu pour le « CAS 1 » à une hauteur de 1,5 m. Cependant lors de l'exécution d'une moyenne spatiale au « CAS 1 », la mesure du « CAS 2 » s'effectuera à la hauteur où le niveau mesuré du « CAS 1 » était le plus important (à une hauteur de 1,1 m, 1,5 m ou 1,7 m).

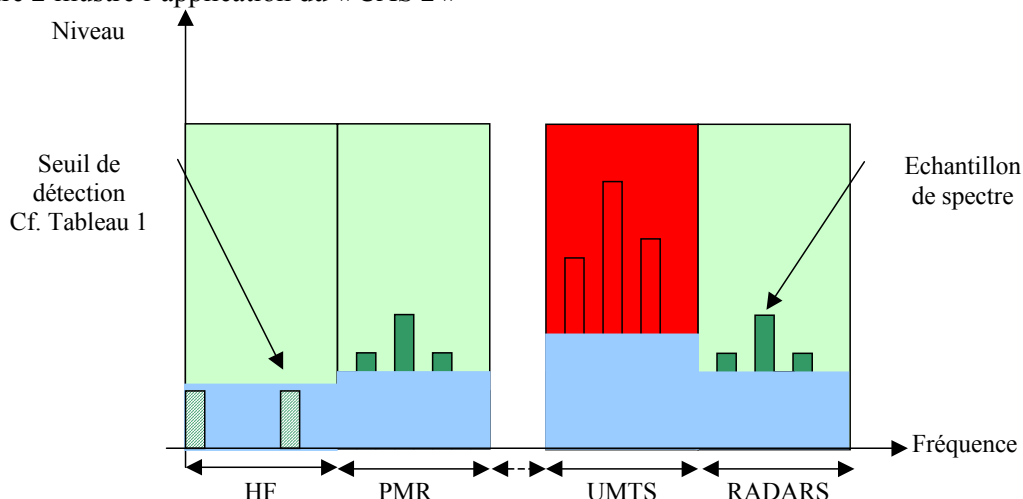
Le seuil de détection étant fixé à 40 dB au-dessous des niveaux de référence du décret, il en résulte pour les différentes sous bandes de fréquences à analyser les seuils de détection suivants :

Bande de fréquences	Services	Niveaux de référence minimum	Seuil de détection
9 kHz - 30 MHz	Services HF	28 V/m	0,3 V/m
30 MHz - 87,5 MHz	PMR	28 V/m	0,3 V/m
87,5 MHz - 108 MHz	FM	28 V/m	0,3 V/m
108 MHz – 880 MHz (hors TV)	PMR - BALISES	28 V/m	0,3 V/m
47 - 68 MHz; 174 - 223 MHz; 470 – 830 MHz	TV	28 V/m	0,3 V/m
880 MHz - 960 MHz	GSM 900	40,4 V/m	0,4 V/m
960 MHz - 1710 MHz	RADARS - DAB	42,6 V/m	0,4 V/m
1710 MHz - 1880 MHz	GSM 1800	56,8 V/m	0,6 V/m
1880 - 1900 MHz	DECT	59,6 V/m	0,6 V/m
1900 - 2200 MHz	UMTS	59,9 V/m	0,6 V/m
2200 - 3000 MHz	RADARS - BLR – FH	61 V/m	0,6 V/m

Tableau 1 : "CAS 2" Seuil de détection des analyses par sous bandes de fréquences

Si dans chaque sous bande de fréquences considérée, aucun échantillon de spectre n'excède le seuil de détection, alors les 2 émissions les plus fortes de chaque sous bande seront reportées.

La Figure 2 illustre l'application du « CAS 2 »



Légendes :

- Echantillon retenu pour le calcul de la valeur cumulée de la sous bande considérée
- Les 2 échantillons de spectre les plus forts de la sous bande considérée
- La valeur cumulée des émissions par service (Cf. Tableau 1) < 2,8 V/m – Non-exécution du « CAS 3 »
- La valeur cumulée des émissions par service (Cf. Tableau 1) > 2,8 V/m - Exécution du « CAS 3 » pour les émissions supérieures au seuil de détection de la bande considérée

Figure 2 : Application du "CAS 2"

3.3.3 Application du « CAS 3 »

Le « CAS 3 » s'applique :

- Pour toute valeur de champ supérieure à 2,8 V/m pour un service donné (niveau de décision n°2),
- Pour les services GSM 900, GSM 1800 et UMTS,
- Aux émissions dont les fréquences sont supérieures à 3 GHz,
- Pour les mesures en champ proche,
- Pour des mesures de champ électrique ou magnétique intenses.

Les émissions supérieures au seuil de détection fixé au Tableau 1 (CAS 2 Seuil de détection des analyses par sous bandes de fréquences) seront obligatoirement mesurées. Concernant les émissions dont la fréquence est supérieure à 3 GHz, leur seuil de détection est fixé à 0,6 V/m.

Concernant les cas particuliers des bandes « GSM », « UMTS » et des émissions dont la fréquence est supérieure à 3 GHz, si aucun échantillon de spectre n'excède le seuil de détection, alors les 2 émissions les plus fortes de la sous bande considérée seront reportées. Le seuil de détection s'entend avant extrapolation (champ électrique des voies "Balise" en GSM 900/1800 et champ électrique équivalent des canaux "CPICH" en UMTS).

La moyenne spatiale s'effectuera sur trois points conformément aux spécifications de l'annexe A - § 6.2 de la recommandation de l'ECC (Cf. annexe 2) pour toutes les émissions dont la valeur sera égale ou supérieure à 2,8 V/m (niveau de décision n°2). Les 3 valeurs à moyennner seront fournies.

Mesure et extrapolation au maximum de trafic des services GSM 900 ou GSM 1800

Compte tenu de la variation du trafic des services GSM 900 ou GSM 1800 et afin d’assurer une reproductibilité des résultats de mesure, une extrapolation au trafic maximum sera réalisée pour ces services dans les conditions décrites à l’annexe E - § 4.6 de la recommandation en utilisant le nombre maximum d’émetteurs ou TRX de la cellule mesurée selon le tableau suivant :

	TRX 900	TRX 1800
Zone haute densité (le Triangle d'Or dans Paris 8ème ¹ , grands parcs d'exposition)	6	8
Grandes gares SNCF (agglomérations > 400 000 habitants)	6	6
Grande agglomération (> 400 000 habitants)	4	8
Agglomération moyenne (> 100 000 habitants)	4	6
Sites à l’intérieur des bâtiments (Centre commercial, métro, Immeuble Grande Hauteur, bureau, aéroport)	4	4
Petite agglomération ou zone rurale (< 100 000 habitants)	3	3

Tableau 2 : Estimation du nombre de TRX en GSM

Mesure et extrapolation au maximum de trafic des services UMTS (méthode adaptée à la technologie W-CDMA de l'UMTS)

Une extrapolation au trafic maximum est également à réaliser pour les réseaux UMTS, cependant la méthodologie est différente. Le réseau UMTS utilisant une technologie CDMA (Code Division Multiple Access), des mesures de puissance dans le domaine des codes sont à réaliser. Il s’agira pour les réseaux UMTS d’identifier un canal commun particulier, le "CPICH" (Common Pilot Channel) et de mesurer la puissance de ce canal P_{CPICH} . Ensuite, la puissance maximale UMTS associée à ce canal sera déduite de P_{CPICH} à l’aide d’un coefficient connu et présenté au tableau 3.

Le principe de la mesure et du post traitement est donc le suivant :

- A l'aide d'un analyseur de spectre, identifiez toutes les émissions "UMTS" et relevez leur fréquence centrale (appelez $freq_0$ ci-dessous),
- Pour chaque émission, relevez à l'aide d'un démodulateur "UMTS" la puissance P_{CPICH_i} des différents canaux "CPICH_i" détectés,
- Sommez en puissance tous les canaux CPICH_i associés à une fréquence donnée:

$$P_{CPICH}(freq_0) = \sum_{i=1}^n P_{CPICH_i}(freq_0)$$

Le champ Electrique équivalent $E_{CPICH}(freq_0)$ sera calculé à partir de la valeur de $P_{CPICH}(freq_0)$ en intégrant le facteur d'antenne et les pertes câbles.

- La formule suivante permettra finalement de calculer le champ Electrique au maximum de trafic à la fréquence $freq_0$ en utilisant les données du tableau 3 :

$$E_{Max}(freq_0) = E_{CPICH}(freq_0) \times \sqrt{R_{CPICH}}$$

Type de la zone de mesure	$R_{CPICH} = \frac{P_{max}}{P_{CPICH}}$
Zone haute densité (le Triangle d'Or dans Paris 8ème, grands parcs d'exposition)	10
Grandes gares SNCF (agglomérations > 400 000 habitants)	10
Grande agglomération (> 400 000 habitants)	10
Agglomération moyenne (> 100 000 habitants)	10
Sites à l’intérieur des bâtiments (Centre commercial, métro, Immeuble Grande Hauteur, bureau, aéroport)	10
Petite agglomération ou zone rurale (< 100 000 habitants)	10

Tableau 3 : Estimation du rapport "Puis. max. d'une station UMTS / Puis. du canal CPICH"

¹ Le Triangle d'Or dans Paris 8ème est un lieu géographique historique délimité par les Champs-Élysées, l'avenue Montaigne et l'avenue Georges V.

3.4 Incertitude des mesures

Les incertitudes doivent être fournies dans le rapport.

3.4.1 Prescriptions générales

L'évaluation de l'incertitude de mesure doit être basée sur les règles générales fournies par la CEI "Directive pour l'expression de l'incertitude de mesure", Éd. 1 - 1995.

Le *Type A* ou le *Type B* d'évaluation de l'incertitude standard doit être utilisé :

- ♦ Quand une analyse du *Type A* est réalisée, l'incertitude standard u_i doit être dérivée de l'estimation des observations statistiques.
- ♦ Quand une analyse du *Type B* est réalisée, l'incertitude standard u_i vient des limites supérieure a_+ et inférieure a_- de la grandeur en question, en fonction de la loi de distribution définissant $a = (a_+ - a_-)/2$, alors :

<i>Loi de distribution</i>	u_i	<i>Remarque</i>
<i>Rectangulaire</i>	$a/\sqrt{3}$	
<i>Triangulaire</i>	$a/\sqrt{6}$	
<i>Normale</i>	a/k	où k est un facteur de couverture (nombre de fois l'écart type), $k = 1$ correspond à un niveau de confiance de 66%, $k = 2$ à 95%, $k = 3$ à 99%
<i>En U (asymétrique)</i>	$a/\sqrt{2}$	

3.4.2 Sources d'erreur contribuant à l'incertitude

3.4.2.1 Contribution de l'appareillage de mesure

Facteur d'antenne

L'étalonnage de l'antenne sur une bande de fréquences donne un facteur d'antenne en fonction des fréquences de mesure. Cette procédure d'étalonnage conduit à une incertitude qui peut être donnée par le constructeur. En l'absence d'information précise, cette incertitude est estimée à 3 dB à 95 % ($k=2$).

Dans le cas de l'utilisation d'une sonde isotrope l'incertitude sur le facteur d'antenne comporte d'une part l'incertitude d'étalonnage et d'autre part l'incertitude liée à la réponse en fréquence.

Isotropie

Ce type d'incertitude n'est évalué que lors de l'utilisation d'un champêtre "large bande" équipé d'une sonde de mesure de champ isotropique. Dans le cas de l'utilisation d'une antenne étalonnée non isotropique, l'incertitude entre dans le cadre de l'orientation de l'antenne.

L'isotropie des sondes sur une bande de fréquences est souvent donnée par le constructeur. Il est possible d'effectuer une évaluation de l'isotropie en utilisant un champ connu et en tournant la sonde sur elle-même, l'isotropie suit alors une distribution rectangulaire.

Cas de l'utilisation d'un dipôle :

Le cas de l'utilisation d'un dipôle tourné suivant trois axes orthogonaux peut être ramené à un défaut d'isotropie et permet d'évaluer le champ provenant de toutes les directions et de tenir compte des réflexions, diffractions lorsque la mesure ne s'effectue pas en vision directe. Il est possible de calculer que l'incertitude d'isotropie est alors de l'ordre de 20% (distribution rectangulaire).

Linéarité de la sonde

Les sondes détectées ont une réponse qui n'est pas linéaire sur certaines valeurs de champ et quadratique sur d'autres. Le champ est souvent évalué dans la partie quadratique de la sonde, conduisant à une proportionnalité entre la tension mesurée et le carré du champ. L'écart par rapport à la courbe de correspondance conduit à une erreur qui est de l'ordre de 1dB à 95 % (k=2)

L'incertitude de linéarité est souvent fournie avec les caractéristiques constructeur à 95% (k=2).

Dispositif de mesure

La contribution à l'incertitude des dispositifs de mesure, par exemple un voltmètre, doit être évaluée par référence à ses certificats d'étalonnage. L'incertitude due au dispositif de mesure doit être évaluée en supposant une distribution normale de probabilité. A cette incertitude, il faut ajouter les incertitudes dues aux câbles, typiquement de 0,2 dB à 95% (k=2).

3.4.2.2 Contribution des paramètres extérieurs

Visée de la source

En cas d'utilisation d'une antenne étalonnée non isotrope, la procédure de mesure précise comment orienter l'antenne et trouver l'orientation des champs. Cette procédure est applicable en particulier lorsque la source est clairement identifiée et en visibilité directe. Cependant la mesure permet difficilement de tenir compte de la contribution du champ provenant de plusieurs directions.

L'incertitude de positionnement est estimée à 5° d'orientation. Cette incertitude doit être rapprochée du gain de l'antenne calibrée pour estimer l'incertitude sur le gain de l'antenne à appliquer.

Cette incertitude suit une distribution rectangulaire.

Variations spatiales du champ dues au Rayleigh

Lorsque la mesure ne s'effectue pas dans le faisceau principal de l'antenne, le champ provient souvent d'une somme de contributions provenant de diverses directions. L'utilisation d'une antenne calibrée avec visée est alors délicate. Cette sommation des champs provenant de multiples directions, particulièrement importante en intérieur de bâtiment suit une distribution de Rayleigh. Une analyse théorique montre que le champ peut varier alors entre le maximum (avec une probabilité de 66%) et la moyenne statistiquement de 3 dB (pour k=1). Si un

échantillonnage statistique est réalisé comme décrit au paragraphe §3.1, la loi des grands nombres permet de diviser l'incertitude par \sqrt{n} (n étant le nombre d'échantillons), soit par 1,732 pour 3 échantillons spatiaux.

Pour les mesures dans le faisceau principal de l'antenne, l'incertitude due au Rayleigh n'est pas à prendre en compte.

3.4.3 Évaluation de l'incertitude totale

Incertitudes combinée et étendue

Les contributions de chaque composant à l'incertitude doivent être notées avec leur nom, la distribution de probabilité, le coefficient de sensibilité et la valeur de l'incertitude. Les résultats doivent être enregistrés dans un tableau (Cf. Tableau 2) de la forme ci-après.

L'incertitude combinée doit alors être évaluée selon la formule suivante :

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$$

où c_i est le coefficient de pondération égal à 1, pourvu que toutes les incertitudes soient exprimées par rapport à un champ.

L'incertitude étendue doit être évaluée en utilisant un intervalle de confiance de 95 %.

SOURCES D'ERREUR	Valeur d'incertitude (%)	Distribution de probabilité	Diviseur K dans le cas d'une information constructeur	c_i	Incertitude standard à 66% (%)
Appareillage de mesure					
Facteur d'antenne		Normale	K	1	
Isotropie		Rectangulaire ou normale	$\sqrt{3}$ ou k	1	
Linéarité		Rectangulaire ou normale	$\sqrt{3}$ ou k	1	
Dispositif de mesure		Normale	K	1	
Paramètres extérieurs					
Visée de la source		Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Rayleigh		Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Incertitude standard combinée		$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
Incertitude étendue (Intervalle de confiance de 95 %)		Normale			$u_e=1,96u_c$

Tableau 4 : Evaluation de l'incertitude totale

Des exemples de calcul sont présentés ci dessous :

Utilisation d'un champmètre "large bande" muni d'une sonde de champ isotropique :

Sources d'erreur	Données	Incertitude standard à 66% (%)
Isotropie	1,5 dB à 95%	9,4 %
Linéarité	1 dB à 95%	6,1 %
Platitude du gain	1dB à 95%	6,1 %

Bilan	$u_c = 13\%$	$u_e = 26 \%$
-------	--------------	---------------

Utilisation d'un analyseur de spectre associé à un dipôle :

Sources d'erreur	Données	Incertitude standard à 66% (%)
Facteur d'antenne	1 dB à 95%	6%
Câble	0,2 dB à 95%	1%
Récepteur	1 dB à 95%	6%
Isotropie	20% (distrib.rect.)	11%
Rayleigh (3 points de mesure)		24 %
Rayleigh (1 point de mesure)		41 %

Bilan (3 points de mesure)	$u_c = 28\%$	$u_e = 55\%$
-------------------------------	--------------	--------------

Bilan (1 point de mesure)	$u_c = 44\%$	$u_e = 86 \%$
------------------------------	--------------	---------------

4 - Rapport

Les éléments décrits dans les paragraphes précédents seront consignés dans un rapport concernant l'application de la recommandation (ce dernier est décrit en annexe 3).

5 - Références

[1] 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

[2] Revised ECC Recommendation (02)04 – Measuring Non-Ionising Electromagnetic Radiation (9 kHz – 300 GHz) – Edition d'Octobre 2003

Ce document est téléchargeable dans sa version anglaise à l'adresse suivante : www.ero.dk / ECC deliverables / Recommendations

ANNEXES

Annexe 1 : Caractérisation des émissions

A 1.1 Présentation des principales émissions :

Bande de fréquences	Champ préférentiel mesuré dans le cas d'une onde formée	Principaux types d'émission
10 kHz – 10 MHz	H	Radiodiffusion
10 MHz – 30 MHz	H	Recherche de personnes, CB, Radiodiffusion
30 MHz – 87,5 MHz	E	Réseaux Radioélectriques Indépendants, TV bande I, Forces Armées, Radioamateurs
87,5 MHz – 108 MHz	E	Radios FM
108 MHz – 136 MHz	E	Aviation civile
136 MHz – 400 MHz	E	Réseaux Radioélectriques Indépendants, ERMES TV Bande III
400 MHz – 470 MHz	E	Réseaux Radioélectriques Indépendants (PMR FM, TETRA, TETRAPOL, alphapage)
470 MHz – 862 MHz	E	TV bande IV et V
862 MHz – 960 MHz	E	Systèmes mobiles (Bases GSM : 925-960 MHz ; Bases GSM-R : 921-925 MHz)
960 MHz – 1375 MHz	E	Radars
1375 MHz – 1710 MHz	E	T-DAB (1452 1492 MHz) FH, Mobsat, radio sondes et stations météo
1710 MHz – 1900 MHz	E	Systèmes mobiles (Bases GSM : 1805 – 1880 MHz, DECT : 1880-1900 MHz)
1900 MHz – 2700 MHz	E	IMT 2000/UMTS (Bases UMTS : 2110-2170 MHz), Bluetooth (2400 – 2483,5 MHz), caméras de reportage
2700 MHz – 3400 MHz	E	Radars
3400 MHz – 3600 MHz	E	BLR
> 3600 MHz	E	Stations terriennes, radars, FH, BLR (24,5-26,5 GHz) ...

Tableau 5 : Bandes de fréquences des principaux types d'émissions

Concernant les bandes de fréquences de l'Autorité de Régulation des Télécommunications, un outil de recherche est disponible sur le site de cette entité (<http://www.art-telecom.fr>).

A 1.2 les réseaux de type GSM

A 1.2.1 Propriétés du champ électromagnétique

Le champ électromagnétique à mesurer émis par les systèmes GSM présente des propriétés provenant de la norme GSM elle-même mais aussi, comme pour toute autre onde électromagnétique, des phénomènes de propagation multi-trajets caractéristiques des communications mobiles.

A 1.2.2 Caractéristiques du signal GSM

A 1.2.2.1 Principes d'un réseau cellulaire

La communication sans fil qui s'établit au travers du système GSM utilise les ondes radio ou électromagnétiques dans la bande de fréquences des 900 MHz et 1800 MHz. La liaison radio permet d'échanger les signaux entre le mobile et la station de base. La liaison montante permet de transférer les signaux du mobile vers la station de base et la liaison descendante de la station de base vers le mobile. En GSM, ces liaisons sont établies dans des bandes de fréquences de 25 MHz (resp. 75 MHz) pour le 900 et (1800) (Cf. Tableau 6).

Du fait de la décroissance des champs, un émetteur a une portée limitée. Un réseau cellulaire utilise cette propriété pour couvrir tout un territoire avec une multitude d'émetteurs couvrant chacune des cellules. De plus, cette parcellarisation permet la réutilisation efficace des fréquences : chaque cellule utilise un jeu de fréquences différent de ceux des cellules voisines.

A chaque cellule est donc alloué un nombre de canaux de fréquences ou émetteurs (TRX). En GSM, la largeur des canaux est de 200 kHz (Cf. Tableau 6).

Système	Voie Montante (MHz)	Voie Descendante (MHz)	Largeur canal (kHz)	Nombre de canaux
GSM (GSM900)	890-915	935-960	200	124
E-GSM (GSM900)	880-890	925-935	200	50
DCS (GSM1800)	1710-1785	1805-1880	200	374

Tableau 6 : Bandes de fréquences allouées au GSM

La correspondance entre les numéros de canaux (ARFCN) et les fréquences centrales est donnée par les formules suivantes :

$$\begin{array}{lll}
 \text{GSM : canaux de 1 à 124} & F = 890 + (0,2 \times n) & F = 935 + (0,2 \times n) \\
 \text{E-GSM : canaux de 975 à 1024} & F = 890 + (0,2 \times (n - 1024)) & F = 935 + (0,2 \times (n - 1024)) \\
 \text{DCS : canaux de 512 à 885} & F = 1710,2 + (0,2 \times (n - 512)) & F = 1805,2 + (0,2 \times (n - 512))
 \end{array}$$

A 1.2.2.2 Forme du signal GSM

Le GSM utilise comme technique d'accès multiple le TDMA (Time Division Multiple Access) permettant à plusieurs utilisateurs de partager la même ressource spectrale. Chaque fréquence est divisée en intervalles de temps ou *slots* de 0,577 ms (Cf. Figure 3). Les slots sont regroupés par paquet de 8 formant une trame qui se renouvelle toutes les 4,615 ms soit à la fréquence de 217 Hz. Durant un slot, un élément de signal radio appelé *burst* est émis.

Le signal émis par un mobile lors d'une communication utilise un slot. Par contre, le signal de la station de base "multiplexe" les signaux des communications avec les différents mobiles de la cellule.

Un canal alloué à une cellule permet donc 8 communications simultanées. Pour un trafic plus important, il est possible d'allouer plusieurs canaux (TRX) à une cellule. Il y a alors un canal particulier appelé "voie balise (ou signalisation)" comportant le BCCH (Broadcast Control CHannel) et des canaux de trafic.

Voie balise (ou de signalisation)

La voie balise (BCCH) émet à une puissance constante pour permettre aux mobiles de faire des mesures de puissance. Le BCCH utilise un slot de la trame et les 7 autres slots peuvent être utilisés pour écouler les communications de 7 mobiles. Cependant, en l'absence de trafic ou lorsque la transmission discontinuée est activée, les slots non utilisés sont remplis par des bursts de bourrage.

Sur les autres canaux de trafic, les slots sont alloués selon le trafic. De plus, sur ces canaux, un contrôle de puissance peut être activé et influencer sur les niveaux émis.

Contrôle de puissance (PWC) et détection de voix (DTX) descendants

Certaines techniques radio peuvent être utilisées pour réduire la puissance d'émission moyenne des stations de base, dans le but de réduire les interférences possibles dans la cellule.

Le power control consiste à réduire la puissance d'émission pour chaque time slot, en fonction de l'éloignement du mobile cible : plus le mobile est proche, plus la puissance émise sera faible, jusqu'à 1000 fois plus faible en puissance.

La détection de voix consiste à réduire les émissions dans les périodes de silence, et à ne transmettre que des paramètres du bruit ambiant.

Le contrôle de puissance n'est jamais activé sur la voie balise, et la détection de voix est contrebalancée par les bits de bourrage, afin de garantir que la puissance d'émission de la balise reste constante.

Ces techniques radio existent aussi par ailleurs dans le sens montant : du mobile vers la station de base.

Saut de fréquence – Saut de fréquence généralisé

Parfois, certaines fréquences risquent d'être atténuées ou brouillées dans une cellule donnée. Afin d'éviter d'avoir des canaux défectueux, la technique du "saut de fréquence" peut être utilisée, consistant à changer la fréquence d'émission à chaque burst suivant une séquence pseudo-aléatoire. Les défauts de qualité se trouvent ainsi lissés sur toutes les communications de la cellule, offrant une qualité de service plus homogène.

Le saut de fréquence simple consiste à effectuer la séquence de saut sur un nombre de fréquences correspondant au nombre de TRX prévus sur la cellule ; le saut de fréquence généralisé consiste à effectuer ces sauts sur un nombre de fréquences beaucoup plus importants.

Cette technique radio a des conséquences importantes sur l'interprétation des spectres pour l'estimation des situations de pire-cas.

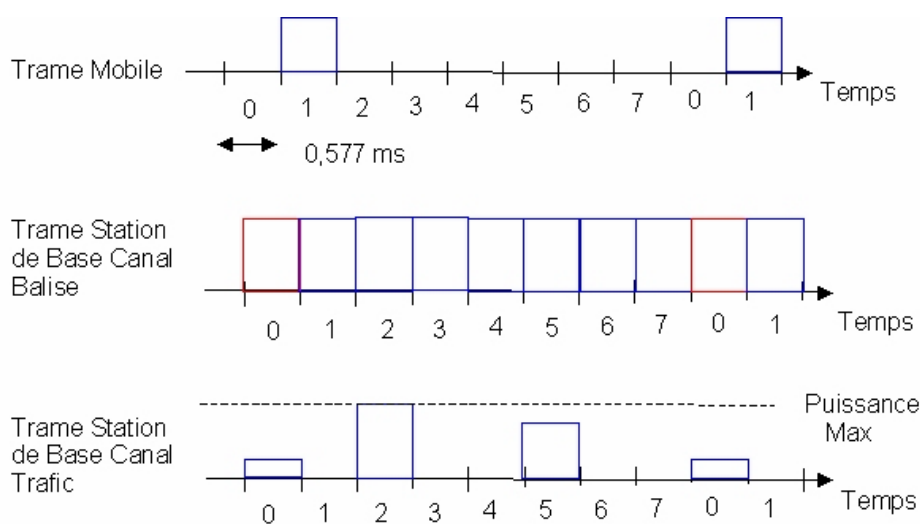


Figure 3 : Enveloppes des « bursts » sur les canaux « mobile » et « station de base » en GSM

A 1.2.2.3 Les évolutions des réseaux GSM (GPRS², EDGE³)

Ces évolutions des réseaux GSM offrent aux opérateurs la possibilité d’offrir des services de transfert de données. Ces solutions se construisent sur la même infrastructure que le GSM, et utilisent également les fréquences GSM avec des puissances similaires.

Le service GPRS ne nécessite pas de modification en terme de modulation, son principe réside dans la possibilité d’associer plusieurs « Time Slots » pour augmenter le débit (de l’ordre de 40 kb/s dans le sens descendant).

La technologie EDGE, normalisée par l’ETSI et par le 3GPP, permet d’atteindre un débit maximal dans le sens « descendant » d’environ 200 kb/s. La principale évolution de l’EDGE réside dans l’utilisation d’une nouvelle modulation 8PSK (8 Phase Shift Key), cette dernière permet d’associer 1 symbole à 3 bits alors que le GSM n’en associe qu’un, cela permet une augmentation de débit.

A 1.2.4 Variations dues à la propagation des ondes

Comme le montre la figure ci-dessous (Cf. Figure 4), le champ émis en un point donné est la somme vectorielle de nombreuses sources comme de contributions de la même source après des trajets multiples. Après réflexions, diffractions, trajet direct, les champs des différentes contributions ont des polarisations, des amplitudes et phases différentes. Ces phénomènes se traduisent par des variations pouvant être importantes.

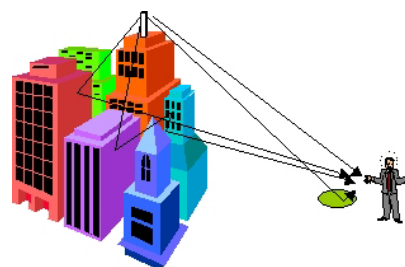


Figure 4 : Variations dues à la propagation des ondes

Ces variations se distinguent en évanouissement rapide (“Fast Fading”) ou effet de masquage (“Shadowing”). Le fast fading caractérise les variations rapides autour de la moyenne dues à la recombinaison en phase ou non des différentes contributions. Le shadowing caractérise l’influence de l’environnement.

² General Packet Radio Service

³ Enhanced Data Rates for GSM Evolution

A 1.2.3.1 Fast fading

Le « Fast fading » (Cf. Figure 5) peut être décrit comme le résultat d'un processus aléatoire autour de la valeur moyenne. Si toutes les contributions ont la même amplitude, le processus est décrit par une loi de Rayleigh. Si une contribution est prépondérante, le processus suit une loi de Rice.

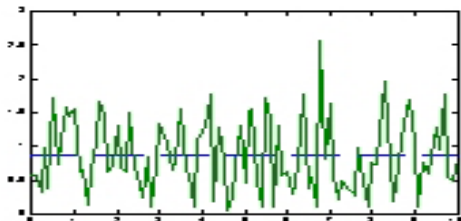


Figure 5 : Allure du champ dans le cas de « fast fading »

Conséquences :

Près d'une antenne, les variations ne sont pas importantes. Par contre, loin des antennes, typiquement pour des faibles niveaux, le signal provient de toutes les directions et une loi de Rayleigh peut décrire les variations.

A 1.2.3.2 Shadowing effect

Les bâtiments, le terrain (en extérieur) ou le mobilier (à l'intérieur de bâtiment) influencent sur la propagation du signal. La valeur moyenne varie alors.

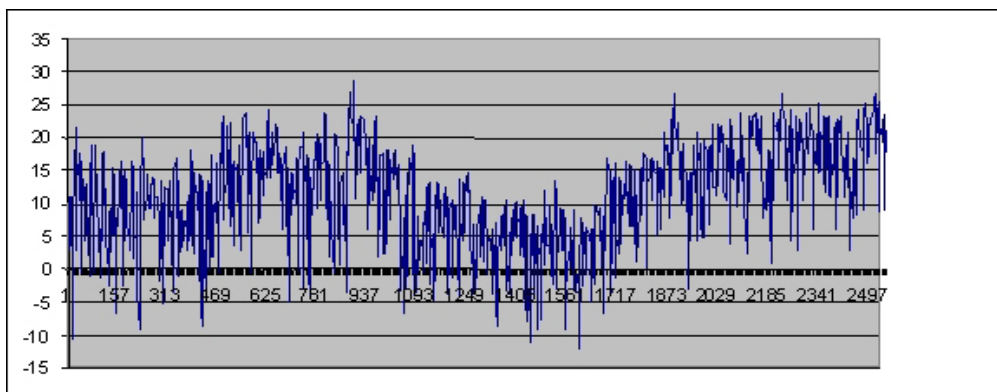


Figure 6 : Allure du champ dans le cas de « Shadowing effect »

A 1.2.4 Gabarit du trafic journalier en GSM 900/1800

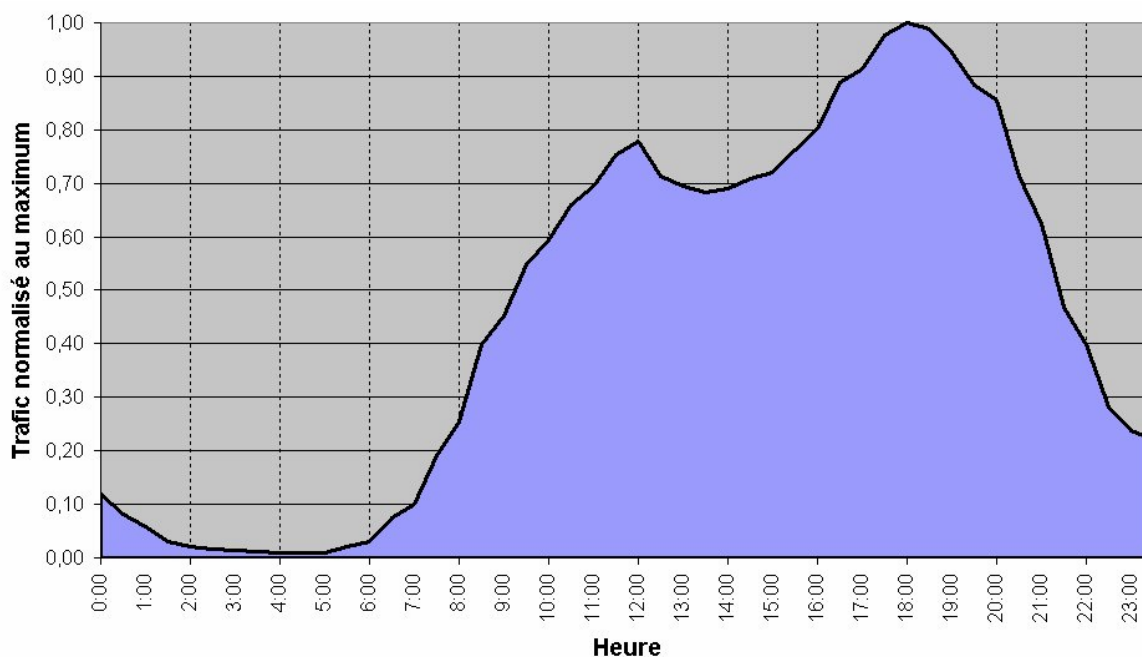


Figure 7 : Variation typique du trafic au cours de la journée

A 1.3 Les émissions de radiodiffusion « TV »

Bandes de fréquences : bande I, III, IV et V (47 - 68 MHz ; 174 - 223 MHz ; 470 - 830 MHz)

Canalisation des émissions : 8 MHz

Modulation :

- AM en analogique
- QAM/COFDM en numérique

A 1.4 Les émissions de radiodiffusion « sonore »

- ♦ Radiodiffusion sonore « FM »
Bandes de fréquences : bande II (87,5 –108 MHz)
Canalisation des émissions : 100 kHz
Modulation : FM
- ♦ Radiodiffusion sonore en « modulation d'amplitude »
Diverses bandes de fréquences entre 148,5 et 255 kHz (Okm – Ondes kilométriques), 526,5 et 1606,5 kHz (Ohm – Ondes hectométriques) et 2,3 et 26,1 MHz (Odam – Ondes Décamétriques)
- ♦ Radiodiffusion sonore « DAB »
Bandes de fréquences : 1452 - 1492 MHz
Canalisation des émissions : 1,712 MHz
Modulation : QAM/COFDM

A 1.5 Les Réseaux Radioélectriques Indépendants

Les règles concernant les conditions d'établissement et d'exploitation des réseaux radioélectriques indépendants du service mobile terrestre (R.R.I.) sont précisées par la décision de l'Autorité de Régulation des Télécommunications n°98-909 parue au journal officiel du 12 février 1999.

Les réseaux radioélectriques indépendants du service mobile terrestre utilisent des fréquences dans les bandes 40, 80, 150 et 400 MHz qui donnent lieu à des attributions individuelles de fréquences délivrées sur le fondement de l'article L. 36-7 (6°) du code des postes et télécommunications.

La canalisation des émissions est de 12,5 kHz et éventuellement de 25 kHz.

La puissance maximale des stations de base est de l'ordre de quelques dizaines de watt.

A 1.6 Les réseaux de type TETRA :

A.1.6.1 Fréquences utilisées

Comme pour le GSM, la norme TETRA est une norme de l'ETSI, sa particularité est qu'elle s'adresse spécialement aux radiocommunications professionnelles : établissement instantané des communications, appels duplex ou à l'alternat, appels de groupe sont les principales fonctionnalités qui font de TETRA plus un système de radio professionnel (radio PMR numérique) qu'un système de téléphonie classique.

La liaison radio permet d'échanger les signaux entre le mobile et la station de base. La liaison montante permet de transférer les signaux du mobile vers la station de base et la liaison descendante de la station de base vers le mobile.

Des allocations de fréquence sont possibles dans la bande des 400 MHz ainsi que dans la bande des 900 MHz.

A.1.6.2 Le signal en TETRA

TETRA est un système TDMA (Time Division Multiple Access) qui permet 4 communications simultanées sur le même canal de 25 kHz. Des « bursts » sont émis durant des « slots » et sont regroupés par paquet de 4, formant ainsi une trame. Un canal alloué à une cellule (TTRX) permet ainsi 4 communications simultanées.

La modulation employée est du type $\Pi/4$ -DQPSK. les systèmes déployés actuellement comportent 2 TTRX (2 canaux en émission) et génèrent une puissance à l'antenne comprise entre environ 8 W et 20 W lorsque le système est à pleine charge en trafic.

Voie balise ou signalisation :

Il y a une voie balise (MCCH) qui émet en permanence à puissance constante et quel que soit le trafic pour permettre aux mobiles de faire des mesures de puissance. Le MCCH utilise un des slots de la trame tandis que les 3 slots restant peuvent être utilisés pour écouler des communications, au total 2 TTRX permettent d'écouler 7 communications simultanées. En effet les slots restants étant alloués au trafic, il n'y a pas de contrôle de puissance descendant ni de saut de fréquence dans les premiers équipements déployés à ce jour.

A 1.7 Les réseaux de type TETRAPOL :

A.1.7.1 Fréquences utilisées

La norme TETRAPOL est une norme ouverte acceptée par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) et le PCC (Police Co-operation Committee, ex Groupe de Schengen); elle est destinée aux radiocommunications professionnelles (appel à l'alternat en mode semi-duplex, établissement immédiat de la communication, appel de groupe, constitution dynamique de groupes fermés d'utilisateurs, ...) et plus particulièrement aux forces de sécurité (maîtrise du réseau, mode direct, chiffrement de bout en bout, ...).

Les systèmes TETRAPOL peuvent être installés dans une large bande de fréquences. En France, ils sont utilisés dans la bande des 400 MHz et pourraient être installés en bande V/UHF (30 MHz – 3 GHz) plus largement.

A.1.7.2 Le signal TETRAPOL

Le système d'accès FDMA (pour Frequency Division Multiple Access, ou AMRF Accès Multiple à Répartition de Fréquence) avec un espacement de canal de 12,5 kHz permet à TETRAPOL de s'insérer sans difficulté dans une bande de fréquences encore utilisée par des systèmes analogiques. Il existe également des réseaux TETRAPOL comportant un espacement de canal de 10 kHz.

Les systèmes TETRAPOL utilisent une modulation GMSK. Une même antenne peut supporter de 1 à 8 canaux, ce qui donne en sortie d'antenne une P.I.R.E. de 40 à 48 dBm/canal (10 à 60 watts/canal, exceptionnellement plus en zone rurale pour des grandes cellules donc pylônes élevés) pour les réseaux nationaux bénéficiant d'une bande de fréquences réservée. Les autres réseaux professionnels se contentent de puissances beaucoup plus faibles liées aux contraintes d'encombrement du spectre dans ces bandes.

La grande sensibilité de TETRAPOL (-119 dBm pour les terminaux, -121 dBm pour l'infra structure) est adaptée à la radio professionnelle (recherche de grandes cellules). Un système de contrôle de puissance permet de limiter au strict nécessaire la puissance d'émission des terminaux.

Dans chaque station de base, une voie balise gère les terminaux (inscription, contrôle puissance d'émission des terminaux, ...) et est utilisée pour transmettre des données (état, messages courts, ...).

A 1.8 Les réseaux de type UMTS

L'UMTS est la version européenne de l'IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). L'UMTS offre des bénéfices significatifs aux utilisateurs, permettant ainsi d'accéder à des services multimédia de haute qualité à partir d'un support radio. Le débit offert diffère en fonction du type de cellule utilisé, jusqu'à 144 kbps pour une macro-cellule (< 20 km), jusqu'à 384 kbps pour une micro-cellule (< 1000 m) et jusqu'à 2 Mbps pour une pico-cellule (< 100 m). En plus du réseau terrestre, il est prévu une composante satellite à l'UMTS.

Les bandes de fréquences sont séparées en 2 variantes qui diffèrent dans leur mécanisme de fonctionnement. Le système W-CDMA possède les bandes de fréquences appairées 1920-1980 MHz (lien montant) et 2110-2170 MHz (lien descendant) pour un mode de fonctionnement de type FDD (Frequency Division Duplex). Le TD-CDMA opère quant à lui dans des bandes de fréquences non-appairées 1900-1920 MHz et 2010-2025 MHz pour un mode de fonctionnement de type TDD (Time Duplex Division).

La puissance utilisée pour les stations de base est de l'ordre de 10 à 50 W et jusqu'à 125 mW maximum pour les mobiles.

L'UMTS utilise le CDMA (Code Division Multiple Access) comme technique de multiplexage (par code). Un procédé d'étalement de spectre sur une bande de fréquences de 5 MHz est utilisé, un unique code est alloué à chaque mobile, qui peuvent travailler en même temps et sur la même fréquence sans aucune interférence. Ce type d'émission peut paraître être du bruit pour tous à l'exception des dispositifs conçus conformément à la norme UMTS.

Les stations UMTS s'identifient par des codes de brouillage, appelés « scrambling code » dans la terminologie anglo-saxonne. Ainsi, certains canaux particuliers diffusent en continue des informations sur ces codes. En particulier, le "CPICH" (Common Pilot Channel), ou canal commun « Pilot » est utilisé par les mobiles pour mesurer précisément la référence de temps de la station et également le niveau des stations environnantes avant et pendant les changements de cellules. Dans le cadre de notre problématique, le « CPICH » représentant une fraction de la puissance d'une station de base (quelques %), sa détermination permet d'atteindre la valeur du champ Electromagnétique d'une station UMTS au maximum de trafic.

Annexe 2 : Recommandation ECC (02) 04 révisée



Comité des communications électroniques (ECC)
de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT)

RECOMMANDATION ECC (02)04 Révisée

MESURE DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES NON IONISANTS (9 kHz – 300 GHz)

Recommandation adoptée par le Groupe de travail "Gestion des fréquences" (FM)

INTRODUCTION

La présente Recommandation spécifie les procédures de mesure in situ destinées à évaluer les champs électromagnétiques dans le but de les comparer aux limites de l'exposition humaine applicables dans les pays de la CEPT (par ex. UE 1999/519/CE, recommandations ICNIRP, limites nationales, etc.). Il est important de noter que cette recommandation ne définit pas en elle-même des limites d'exposition et ne concerne pas non plus l'exposition humaine aux signaux radio.

On considère que cette recommandation doit être réexaminée tous les trois ans ou plus souvent si nécessaire du fait de l'évolution des technologies et exigences réglementaires. Cet examen doit tenir compte de toutes les informations venant des groupes pertinents CEPT, CENELEC, IEC/ICES, ITU-T/SG6 et EBU.

Il est admis que ces mesures ne sont pas du ressort de toutes les Administrations de la CEPT. On espère que la présente recommandation pourra aider d'autres organismes compétents dans leurs travaux et faciliter l'échange d'informations.

"La Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications,

considérant

- a) que différentes méthodes de mesure pour l'évaluation des niveaux de rayonnement non ionisant sont utilisées dans les différentes administrations CEPT,
- b) qu'il y a lieu de disposer de méthodes de mesure convenues pour évaluer les niveaux de rayonnements non ionisants.
- c) que des procédures de mesure communes sont nécessaires pour l'acceptation mutuelle des mesures par les parties concernées.

recommande

- 1) que les informations générales figurant à l'annexe A constituent la base des mesures de rayonnements non ionisants,
- 2) que les méthodes de mesure des rayonnements non ionisants soient appliquées conformément aux annexes B, C, D et E,
- 3) que ces mesures soient rapportées conformément à l'annexe F."

Remarque :

Se reporter au site web de la CEPT (<http://www.CEPT.org>) pour la dernière position à jour sur la mise en œuvre de cette recommandation ECC et d'autres recommandations.

Annexe A

GENERALITES

1 PORTEE DU DOCUMENT

Ce document décrit une méthode de mesure devant être utilisée pour évaluer les rayonnements électromagnétiques par rapport aux niveaux de référence appropriés d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (9 kHz - 300 GHz). La méthode de mesure est basée sur 3 cas décrits en annexe B :

- **Cas 1** **Analyse rapide**
- **Cas 2** **Analyse par bandes de fréquences**
- **Cas 3** **Analyse détaillée**

La présente recommandation est basée sur l'application de différentes méthodes, dont la rigueur est accentuée lorsque les niveaux atteignent les limites. Seule l'exécution du cas 3 permet de déterminer si les limites sont dépassées, garantissant avec certitude les résultats.

Cette méthode n'est pas adaptée aux situations dans lesquelles l'exposition critique est fortement localisée, c'est-à-dire aux terminaux téléphoniques cellulaires par rapport à la tête de l'homme. Les équipements qui sont librement contrôlés tels que les fours à micro-ondes, ou les terminaux téléphoniques cellulaires, doivent être ignorés dans le processus de mesure et, dans le cas contraire, le rapport d'essai doit le mentionner.

2 REFERENCES NORMATIVES

“Guide pour l'expression de l'incertitude dans la mesure” CEI, Ed. 1, 1995

3 QUANTITES PHYSIQUES ET UNITES

Les unités SI sont utilisées tout au long de la présente recommandation :

Grandeur	Symbole	Unité	Symbole
Fréquence	f	Hertz	Hz
Longueur d'onde	λ	mètre	M
Intensité du champ électrique	E	Volt par mètre	V/m
Intensité du champ magnétique	H	Ampère par mètre	A/m
Densité de flux magnétique	B	Tesla	T
Densité de puissance ou densité de flux de puissance	S	Watt par mètre carré	W/m ²
Impédance intrinsèque	Z	Ohm	Ω
Plus grande dimension de l'antenne	D	mètre	M

4 TERMES ET DEFINITIONS

4.1 Intensité du champ électrique

L'intensité du champ électrique est une grandeur vectorielle (E) qui correspond à la force exercée sur une particule chargée quel que soit son mouvement dans l'espace. Elle est exprimée en Volt par mètre (V/m).

4.2 Intensité du champ magnétique

L'intensité du champ magnétique est une grandeur vectorielle (H) qui, avec la densité de flux magnétique, spécifie un champ magnétique en n'importe quel point de l'espace. Elle est exprimée en Ampère par mètre (A/m).

4.3 *Densité de puissance (S) ou densité de flux de puissance électromagnétique*

La puissance par unité de surface perpendiculaire à la direction de propagation est habituellement exprimée en watts par mètre carré (W/m^2), milliwatts par centimètre carré (mW/cm^2) ou microwatts par centimètre carré ($\mu\text{W/cm}^2$).

$$S = |\vec{E} \wedge \vec{H}|$$

Pour une onde plane dans le champ lointain, la densité de puissance (S), l'intensité du champ électrique (E) et l'intensité du champ magnétique (H) sont liées par l'impédance d'onde en espace libre, c'est-à-dire $Z_0=377$ ohms. En particulier,

$$S = \frac{E^2}{377} \text{ ou } S = 377 \times H^2$$

où E et H sont exprimés respectivement en V/m et A/m et S en W/m^2 .

4.4 *Champ lointain*

La région du champ lointain (également appelée région de Fraunhofer), est la région de champ d'une antenne dans laquelle la répartition angulaire du champ est plus ou moins indépendante de la distance à l'antenne. Dans cette région, le champ a une caractéristique d'onde principalement plane, c'est-à-dire une répartition très uniforme de l'intensité des champs électrique et magnétique dans des plans transversaux à la direction de propagation. La bordure de cette région est à une distance de $R > 2D^2/\lambda$, où D est la plus grande dimension de l'antenne.

4.5 *Champ proche*

La région de champ proche est la région dans le champ d'une antenne, située près de l'antenne, dans laquelle les champs électrique et magnétique n'ont pas une caractéristique substantielle d'onde plane mais varient considérablement selon le point. Le terme "région de champ proche" n'a pas de définition très précise et a différentes significations pour les antennes grandes et petites. La région de champ proche est en outre subdivisée en une région de champ proche rayonnant et une région de champ proche réactif – qui est plus proche de l'antenne et contient l'essentiel ou presque toute l'énergie associée au champ de l'antenne. Au cas où la dimension maximale globale de l'antenne serait petite par rapport à la longueur d'onde, la région de champ proche rayonnant peut ne pas exister. Pour les antennes de grande longueur d'onde, la région de champ proche rayonnant est parfois désignée par région de Fresnel – par analogie à la terminologie optique.

4.6 *Valeur efficace*

Certains effets électriques sont proportionnels à la racine carrée de la moyenne du carré d'une fonction périodique (sur une période). Cette valeur est appelée valeur efficace ou effective, et est obtenue en commençant par mettre la fonction au carré, en déterminant la valeur moyenne des valeurs carrées obtenues, puis en prenant la racine carrée de cette valeur moyenne. Elle se définit mathématiquement comme la valeur efficace des carrés des valeurs instantanées du signal :

$$X_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [x(t)]^2 dt}$$

où $x(t)$ est le signal variant dans le temps et T la période du signal.

4.7 *Valeur crête*

Elle correspond à la valeur maximale absolue de la fonction.

4.8 Valeur moyenne

Mathématiquement, la valeur moyenne peut être définie comme :

$$\bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

La moyenne, en elle-même, ne donne pas suffisamment d'informations pour différencier le phénomène qui peut être complètement différent en termes de variation dans le temps, même s'il a la même valeur moyenne.

4.9 Niveau de référence

Les niveaux de référence sont dérivés des limites de base de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques adoptées par les organismes compétents dans les différents pays de la CEPT pour la comparaison par rapport aux champs électromagnétiques mesurés. Les mesures inférieures au niveau de référence garantissent que les limites de base d'exposition ne sont pas dépassées.

4.10 Niveau de décision

Les niveaux de décision sont les seuils (x dB au-dessous du niveau de référence) qui sont définis par l'administration pour prévoir les incertitudes de mesure, en tenant compte des équipements de mesure utilisés, de l'environnement et des caractéristiques du spectre, permettant :

- de faire le lien entre les différents cas (cas 1 par rapport au cas 2 et cas 2 par rapport au cas 3) et,
- de décider s'il faut établir une moyenne spatiale selon le § 6.2.

4.11 Indice d'exposition

L'indice d'exposition est le rapport de la densité de puissance (ou de champ) électromagnétique maximale mesurée sur le niveau de référence approprié à une fréquence donnée. Une valeur supérieure à "1" indique que les niveaux auxquels les personnes peuvent être soumises dépassent le niveau de référence. Plusieurs niveaux de référence et donc plusieurs indices d'exposition peuvent être applicables pour une fréquence (e.g. champ E et H) et différents indices peuvent s'appliquer sur la bande de fréquence considérée.

4.12 Indice d'exposition totale

L'indice d'exposition totale est la somme de tous les indices d'exposition de fréquence individuels dans la bande de fréquence mesurée en un point donné. Le calcul de cette valeur à partir des indices de fréquence individuels est défini dans les niveaux d'exposition. Plusieurs indices d'exposition totale peuvent être applicables (par ex. pour E et H).

5 EXEMPLES D'EMISSIONS DANS LA BANDE DE FREQUENCE DE 9 kHz A 300 GHz

<i>Symboles</i>	<i>Plage de fréquences (limite inférieure incluse, limite supérieure exclue)</i>	<i>Services</i>
VLF	9 à 30 kHz	Chauffage par induction
LF	30 à 300 kHz	Chauffage par induction industriel, diffusion AM, émetteurs de signaux d'horloge
MF	300 à 3 000 kHz	Radio AM, chauffage par induction industriel
HF	3 à 30 MHz	Radiodiffusion, radio-amateurs, forces armées
VHF	30 à 300 MHz	PMR, TV, forces armées, radio-amateurs, radiodiffusion FM, services aéronautiques
UHF	300 à 3 000 MHz	TV, GSM, DCS, DECT, UMTS, Bluetooth, stations terriennes, radars
SHF	3 à 30 GHz	Radars, stations terriennes, liaisons hyperfréquences
EHF	30 à 300 GHz	Radars, liaisons hyperfréquences

6 CONSIDERATIONS GENERALES POUR LA MISE EN OEUVRE DE LA MESURE

6.1 Champs électrique et magnétique

Les champs électromagnétiques peuvent être subdivisés en deux composantes : le champ électrique E [mesuré en V/m] et le champ magnétique H [mesuré en A/m]. Le **champ E** et le **champ H** sont **mathématiquement interdépendants** dans le **champ lointain**, ce qui signifie qu'il suffit de mesurer une composante. Par exemple, en espace libre si le champ H est mesuré dans cette région, il peut être utilisé pour calculer la magnitude du champ E et la densité de puissance S [W/m²]:

$$E = H \times Z_0, S = H^2 \times Z_0 \text{ sachant que } Z_0 = 377\Omega$$

Par contraste, le **champ H** et le **champ E** doivent être **mesurés séparément** dans la **région de champ proche réactif**.

Seule l'intensité du champ électrique est habituellement mesurée, étant donné que les mesures sont typiquement réalisées dans le champ lointain. Le niveau de champ magnétique peut alors être calculé en utilisant l'impédance intrinsèque de l'espace vide ($Z_0=377\Omega$). Si les deux valeurs de champ électrique et de champ magnétique sont inférieures à la valeur de référence la plus stricte, la densité de flux de puissance doit aussi être inférieure.

Le tableau ci-dessous indique les composantes du champ à mesurer en fonction des distances aux antennes d'émission :

	Région de champ proche réactif	Région de champ proche rayonnant	Région de champ lointain
Limite de la région, mesurée à partir de l'antenne	0 à λ	λ à $\lambda+2D^2/\lambda$	$\lambda+2D^2/\lambda$ à ∞
$E \perp H$	Non	Quasiment oui	Oui
$Z = E / H$	$\neq Z_0$	$\approx Z_0$	$= Z_0$
Composante à mesurer	E et H	E ou H	E ou H

Les mesures sont en général effectuées au delà de la distance où les mesures E et H sont requises et en particulier, la mesure d'une composante de champ E (ou de champ H) est suffisante dans les situations suivantes :

- Radiodiffusion en bande LF à une distance approximative de 2000 m (λ pour 150 kHz), elle peut être inférieure (par exemple quelques hectomètres pour une antenne quart d'onde) selon le type d'antenne,
- Radiodiffusion à une distance de 3 m (λ pour 100 MHz),
- Radiodiffusion TV à une distance de 6 m (λ pour la bande I), 1,5 m (λ pour la bande III), et 50 cm (λ pour IV-V),
- Station de base GSM à une distance de 30 cm (λ pour 935 MHz) et 15 cm (λ pour 1800 MHz),
- Station RADAR avec antenne parabolique ($D=1,5m$ et $f=1367$ MHz) à une distance de 21m.

6.2 Points de mesure

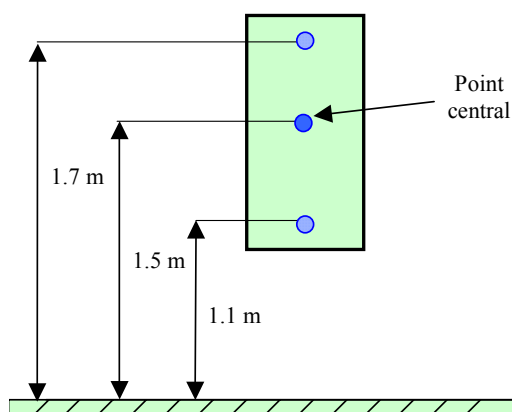
Emplacement des points de mesure :

Le ou les points de mesure doivent être choisis de façon à représenter les plus hauts niveaux d'exposition auxquels une personne peut être soumise, en tenant compte des antennes voisines. Ces emplacements peuvent soit être trouvés par un contrôle rapide à l'aide d'équipements de mesure (voir cas 1 et cas 2) ou bien à partir d'un calcul de propagation pour les antennes voisines si cela n'est pas possible.

Nombre de point(s) :

La mesure sera effectuée pour un point unique, 1,5 m au-dessus du niveau du sol (ou plancher).

Dans les cas 1 et 3, si le résultat de mesure atteint le niveau de décision, on effectuera une moyenne spatiale de 3 points adaptés aux dimensions du corps humain.



La valeur de l'intensité du champ à utiliser pour la suite des calculs est obtenue par la relation suivante :

$$E_{moyenne_spatiale} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 E_i^2}{3}}, \quad H_{moyenne_spatiale} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 H_i^2}{3}}$$

Annexe B

APPLICABILITE DES METHODES DE MESURE DE RAYONNEMENT NON IONISANT

CAS 1 : ANALYSE RAPIDE

La méthode de l'ANALYSE RAPIDE doit être appliquée quand seule la somme des niveaux de rayonnement non ionisants est requise.

La méthode de l'ANALYSE RAPIDE présente certaines restrictions. Cette méthode ne devrait pas être appliquée :

- a - S'il est nécessaire de connaître les niveaux de rayonnements non ionisants par fréquence,
- b - Si la valeur donnée par cette méthode dépasse le niveau de référence le plus bas (adopté par cette administration CEPT) pour la bande de fréquence couverte par l'équipement,
- c - Si la valeur donnée par cette méthode ou si la moyenne spatiale selon l'annexe A - § 6.2, le cas échéant, dépasse le niveau de décision défini au 4.10,
- d - Si, pour des raisons de sensibilité de l'équipement, aucune valeur n'est mesurable (le niveau de rayonnement non ionisant est inférieur au niveau de seuil de l'équipement) mais que la législation en vigueur exige une valeur de sorte qu'il ne suffit pas d'indiquer que les champs sont inférieurs à la sensibilité de l'équipement.

Dans ces situations, le « CAS 2 » doit être appliqué le cas échéant.

CAS 2 : ANALYSE PAR BANDES DE FREQUENCES

La méthode d'ANALYSE PAR BANDES DE FREQUENCES devrait être appliquée quand des niveaux de rayonnements non ionisants sont requis par fréquence dans la plage balayée.

La méthode d'ANALYSE PAR BANDES DE FREQUENCES présente quelques restrictions. Cette méthode ne devrait pas être appliquée :

- a - Lorsque des mesures de champ proche sont requises,
- b - Lorsque des mesures de champ électrique ou magnétique intense sont requises,
- c - Pour la mesure d'émissions pulsées, discontinues ou à large bande,
- d - Si les valeurs résultantes dépassent le niveau de décision,
- e - Si l'un des quotients d'exposition totale (effet cumulatif) dépasse la valeur "1".

Dans ces situations, il convient d'appliquer le CAS 3.

CAS 3 : ANALYSE DETAILLEE

La méthode de l'ANALYSE DETAILLEE doit être appliquée lorsque les cas 1 et 2 ne sont pas applicables.

L'ANALYSE DETAILLEE doit être appliquée dans les cas suivants :

- a - Lorsque des mesures de champ proche sont requises,
- b - Lorsque des mesures de champ électrique ou magnétique intense sont requises,
- c - Pour la mesure de services non classiques (exemple : émissions pulsées, discontinues ou large bande ...).

Annexe C

METHODE DE MESURE APPLICABLE AU CAS 1

1 PORTEE DU DOCUMENT ET EXIGENCES SPECIFIQUES

La méthode de l'ANALYSE RAPIDE doit être appliquée lorsque la somme des niveaux de rayonnements non ionisants est requise. La présente méthode doit être appliquée aux situations de champ lointain.

2 EQUIPEMENTS DE MESURE

On utilisera pour ces mesures des "mesureurs de rayonnement RF munis d'une sonde de champ isotropique". L'idée de ces mesures est d'évaluer la valeur de rayonnement général dans un lieu spécifique. Ces équipements mesurent la valeur efficace d'une intensité de champ, également appelée valeur "rms" (les mesureurs de rayonnement RF utilisent généralement des détecteurs "crête" qui donnent un résultat artificiellement élevé pour les signaux à polarisation elliptique).

3 PROCEDURE DE MESURE

La procédure doit suivre les étapes suivantes :

3.1 Choisir les sondes les plus adaptées aux émissions de fréquence à étudier

Les sondes doivent être choisies pour couvrir les émissions à étudier, dans certains cas deux sondes ou plus sont nécessaires pour étudier la bande concernée. Dans ce cas, le résultat final sera calculé en utilisant les valeurs données par chaque équipement (traité comme s'il était obtenu individuellement) en utilisant la formule suivante :

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

où n est le nombre de sondes couvrant la bande de fréquence étudiée et E_i ou H_i sont les valeurs obtenues individuellement par chaque équipement.

La valeur obtenue est toujours surévaluée, puisque les bandes de fréquence de la sonde se recouvrent parfois les unes les autres, ce que la formule ne corrige pas.

3.2 Mesure :

Le choix du point de mesure (emplacement et nombre de points) sera conforme aux considérations générales (annexe A - § 6.2).

La durée de la mesure doit être référencée par rapport aux recommandations d'exposition utilisées (par exemple, 6 minutes dans les recommandations UE 1999/519/EC & ICNIRP).

Les capteurs de rayonnement RF doivent être montés sur des trépieds non conducteurs, afin de ne pas perturber le champ électromagnétique et permettront de déduire la valeur efficace (rms) de E (ou H). Pendant la mesure, les opérateurs doivent s'écarter de l'antenne.

4 POST-TRAITEMENT

4.1 En fonction de la valeur obtenue

- Si la valeur est inférieure au niveau de sensibilité de la sonde, la valeur doit être ignorée,
- Un facteur de correction spécifique à la sonde peut être appliqué en fonction des instructions du fabricant de la sonde

4.2 Calcul du champ électrique (E) / champ magnétique (H) / densité de puissance (S)

Dans les conditions de champ lointain, les grandeurs non mesurées peuvent être calculées à l'aide des formules suivantes :

$$S = EH \text{ or } S = \frac{E^2}{Z_0} \text{ or } S = H^2 Z_0$$

où E et H sont exprimées respectivement en V/m et A/m, et S en W/m².

4.3 Exposition à des champs de fréquence simples/multiples

L'exposition à un champ de fréquence unique est une situation simple. On peut néanmoins en pratique admettre qu'une fréquence particulière puisse être prédominante. Considérant l'exposition simultanée à des champs de fréquences multiples, il est facile de prouver mathématiquement que si la valeur donnée par le mesureur RF ne dépasse pas la valeur la plus stricte de la bande de fréquence couverte par les sondes, les contributions de toutes les fréquences individuelles seront également inférieures à cette valeur, dans la mesure où :

$$E_{\text{sum}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2}$$

Où E_{sum} est la valeur affichée du mesureur RF (sonde) et n le nombre d'émissions.

Dès qu'un niveau de référence est dépassé pour une bande de fréquences considérée, le CAS 2 doit être appliqué.

5 ESTIMATION DE L'INCERTITUDE

L'incertitude de mesure doit être évaluée pour les mesures traitées dans les tableaux ci-après, en tenant compte de chacune des grandeurs listées ici. L'incertitude standard $u_{(x_i)}$ et le coefficient de sensibilité c_i doivent être évalués pour l'estimation x_i de chaque grandeur. L'incertitude standard combinée $u_c(y)$ de l'estimation y du mesurande est calculée comme une valeur quadratique :

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$$

L'incertitude de mesure élargie u_e est calculée comme suit :

$$u_e = 1,96 u_c \text{ [4]}$$

et doit être indiquée dans le rapport de mesure.

Grandeur d'entrée	Incertitude de x_i		$u(x_i)$	c_i	$(c_i u_{(x_i)})^2$ %
	Valeur %	Pr Dist ; Diviseur k			
Isotropie		rectangulaire ; $\sqrt{3}$		1	
Linéarité		rectangulaire ; $\sqrt{3}$		1	
Planéité		normale ; $k=1$		1	
Température		rectangulaire ; $\sqrt{3}$		1	
.....
Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$				
Incertitude élargie (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1.96 u_c$				

Dans la plupart des cas, les chiffres ci-dessus sont donnés pour un intervalle de confiance élevé (95%). Les valeurs typiques des "mesureurs de rayonnement RF avec sondes à champ isotropique" sont les suivantes :

Grandeur d'entrée	Incertitude (dB) (intervalle de confiance de 95%)	Incertitude (num.) (intervalle de confiance de 95%)	Incertitude standard (num.) (intervalle de confiance 66%)
Isotropie	1,5 dB	0,19	0,095
Linéarité	1,0 dB	0,12	0,06
Planéité	1,0 dB	0,12	0,06

L'incertitude standard et élargie combinée ci-après résulte des incertitudes standard ci-dessus :

Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$	1,045 dB
Incertitude élargie (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1.96 u_c$	1,94 dB

[4] Le facteur de couverture de 1,96 donne un niveau de confiance de 95% pour la distribution quasi normale de la plupart des résultats de mesure

6 RAPPORT DE MESURE

Le rapport de mesure doit suivre la structure définie en annexe F. Pour le cas 1, les particularités suivantes doivent être prises en compte.

Composante mesurée E (ou H)

SONDE (type et référence)	VALEUR	Facteur de correction utilisé	RESULTAT	UNITE	HEURE DE DEPART	HEURE D'ARRET	DATE
				V/m	hh : mm : ss	hh : mm : ss	jj-mm-aaaa
				A/m			

Composantes calculées

H (ou E), S peuvent être calculées en tenant compte des remarques du § 4.2 Post-traitement “*Calcul du champ électrique/champ magnétique/densité de puissance*”

Application des recommandations/règles

Les grandeurs mesurées et calculées doivent être comparées au niveau de référence le plus bas de la législation en vigueur. Si les grandeurs des valeurs mesurées ou calculées sont supérieures à la limite la plus stricte, la méthode du CAS 2 doit être appliquée.

Annexe D

METHODE DE MESURE APPLICABLE AU CAS 2

1 PORTEE DU DOCUMENT ET EXIGENCES SPECIFIQUES

La méthode d'ANALYSE PAR BANDES DE FREQUENCES doit être appliquée quand la connaissance des niveaux de rayonnements non ionisants est nécessaire par bandes de fréquence ou si le CAS 1 n'est pas approprié. Cette méthode est applicable dans les conditions de champ lointain.

2 EQUIPEMENT DE MESURE

Pour réaliser ce type d'étude, il est recommandé d'utiliser un récepteur portable ou analyseur de spectre (AS) léger à batteries. Le récepteur ou analyseur de spectre doit être capable d'être piloté par logiciel. Le pilotage logiciel est essentiel du fait de la grande quantité de données de fréquence et d'amplitude à collecter pendant la mesure et afin de maintenir des résultats cohérents sur plusieurs ensembles d'équipements de mesure utilisés par différents opérateurs. Ce logiciel doit également prendre en compte la programmation de facteurs d'antenne et de pertes d'insertion des câbles. Ceci permet d'utiliser diverses antennes ou câbles permettant un certain degré de personnalisation pour des mesures de bandes spécifiques. De cette façon, l'erreur humaine peut être maintenue à un niveau minimum. Des récepteurs de mesure ou analyseurs de spectre durcis seront nécessaires à l'occasion pour travailler à fort niveau d'exposition. Pour obtenir des résultats fiables et reproductibles, il est essentiel de disposer d'appareils de mesure présentant de bonnes performances en terme de dynamique et d'inter-modulation.

Les antennes de mesure doivent être légères et robustes et il convient d'utiliser des câbles coaxiaux de bonne qualité. Les antennes utilisées de préférence sont :

- Boucle magnétique pour la HF,
- Antenne dipôle large bande ou antenne log. périodique,
- Antenne biconique,
- Antenne directive pour les autres types d'émissions (utilisation recommandée lorsqu'il y a une contribution principale et que les contributions secondaires sont négligeables),
- Sonde sélective "3 axes".

Pour les fréquences basses, du fait de leur grande longueur d'onde, les petites antennes électriques doivent être retenues. A l'aide d'antennes électriques passives, la distance minimale entre l'antenne et tout autre obstacle (mur ou sol par exemple) doit être au moins de 1λ . Les mesures de fréquences inférieures à 600 MHz avec une hauteur de 50 cm au-dessus du niveau du sol doivent utiliser des antennes électriques ou magnétiques large bande, électriquement petites, plutôt qu'une antenne dipôle. Les opérateurs doivent s'écarter de l'antenne pendant les mesures, et les antennes doivent être montées sur des trépieds non conducteurs afin de ne pas perturber le champ électromagnétique.

3 PRE TRAITEMENT

Contrôles de l'équipement

Tous les équipements de mesure doivent être étalonnés (selon les recommandations du constructeur ou les procédures de gestion de la qualité de l'administration) selon des normes traçables. Les câbles RF, guides d'onde et connecteurs doivent être identifiés individuellement, l'absence de détérioration mécanique doit être vérifiée et leurs pertes d'insertion et de Rapport d'Onde Stationnaire (ROS) doivent être contrôlées régulièrement. Tous les changements des facteurs d'antenne et des pertes des câbles doivent être programmés dans le récepteur de mesure.

L'équipe chargée de la mesure a la responsabilité de confirmer que les facteurs d'étalonnage sont corrects et mis à jour à la demande avant chaque tâche. Un enregistrement dans le rapport de mesure doit montrer que le contrôle ou la mise à jour ont été effectués. Un contrôle doit être effectué pour vérifier que les paramètres corrects des câbles et de l'antenne sont chargés et activés dans le récepteur ou dans le logiciel.

4 PROCEDURE DE MESURE

La procédure doit être menée selon les étapes suivantes :

1. Point de mesure

Le choix du point de mesure (emplacement et nombre de points) doit être conforme aux considérations générales (Annexe A - § 6.2).

2. Bandes de fréquence

La méthode est appropriée pour les fréquences entre 9 kHz et 3 GHz. Dans cette plage de fréquences, le processus de mesure et les paramètres du CAS 2 donnent des résultats fiables. Mais pour les fréquences au-dessus de 3 GHz (par ex., radar, liaisons hyperfréquences), les recommandations du CAS 3 (et en particulier son alinéa §4) s'appliquent.

3. Paramètres du récepteur ou de l'analyseur de spectre.

« Bande de résolution » et « pas de balayage »

La bande de résolution sera un compromis adapté aux différentes sources RF du spectre radio. Sur l'ensemble du spectre, il y a un mélange d'émissions à bande larges/étroites, analogiques/numériques et continues/discontinues. En outre, bien qu'il y ait de nombreuses bandes mono-service, il y a aussi de nombreuses bandes partagées dans lesquelles des services coexistent avec des caractéristiques de signal très différentes.

Pour les récepteurs, il est recommandé :

D'utiliser la bande de résolution / pas de balayage suivants :

9 kHz - 30 MHz	BW = 9 ou 10 kHz	avec un pas de 10 kHz
30 MHz - 3GHz	BW = 100 kHz	avec un pas de 100 kHz

Temps de repos du récepteur :

0,1 seconde minimum

Pour les analyseurs de spectre, il est recommandé d'utiliser les paramètres de largeur de bande/balayage suivants :

9 kHz - 30 MHz	BW = 10 kHz	avec un temps de balayage de 50 - 100 ms
30 MHz - 300 MHz	BW = 100 kHz	avec un temps de balayage de 100 ms
300 MHz - 3 GHz	BW = 100 kHz	avec un temps de balayage de 700 ms – 1 sec

Niveau de seuil

Le niveau de seuil est choisi 40 dB sous le niveau de référence. Si aucune émission ne dépasse le seuil dans une bande de fréquence, les 2 émissions les plus élevées peuvent être reportées.

Polarisation de l'antenne :

Les mesures doivent être réalisées avec l'antenne de mesure dans les plans horizontal et vertical.

Mode

On utilisera les techniques de « MAX HOLD » et de détecteur en mode crête.

5 POST-TRAITEMENT

Calcul du champ magnétique H / Densité de puissance

Dans les conditions de champ lointain, les grandeurs non mesurées peuvent être calculées à l'aide de la formule suivante :

$$S = EH \text{ or } S = \frac{E^2}{Z_0} \text{ or } S = H^2 Z_0$$

où E et H sont exprimés en V/m et A /m, respectivement, et S en W/m².

6 ESTIMATION DE L'INCERTITUDE

L'incertitude de mesure doit être évaluée pour les mesures abordées dans les tableaux suivants, en tenant compte de chacune des grandeurs listées ici. L'incertitude standard $u_{(x_i)}$ et le coefficient de sensibilité c_i seront évalués pour l'estimation x_i de chaque grandeur. L'incertitude standard combinée $u_c(y)$ de l'estimation y du mesurande est calculée en valeur quadratique :

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$$

L'incertitude de mesure étendue u_e est calculée par :

$$u_e = 1,96 u_c \text{ [5]}$$

et doit être indiquée dans le rapport de mesure.

Grandeur d'entrée	Incertitude de x_i		$u(x_i)$	c_i	$(c_i u_{(x_i)})^2$ %
	Valeur %	Pr Dist ; Diviseur k			
Dispositif de mesure (récepteur, analyseur de spectre) y compris les pertes du câble		normal ; $k=1$		1	
Facteur d'antenne		normal ; $k=1$		1	
.....
Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$				
Incertitude étendue (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1,96 u_c =$				

Dans la plupart des cas, les chiffres ci-dessus sont donnés pour un intervalle de confiance élevé (95%). Les valeurs typiques pour un analyseur de spectre associé à une antenne étalonnée sont les suivantes :

Grandeur d'entrée	Incertitude (dB) (intervalle de confiance de 95%)	Incertitude (num.) (intervalle de confiance de 95%)	Incertitude standard (intervalle de confiance de 66%)
Facteur d'antenne	1,0 dB	0,12	0,06
Câble	0,2 dB	0,02	0,01
Récepteur	2,0 dB	0,26	0,13

L'incertitude standard et étendue combinée ci-après résulte des incertitudes standard ci-dessus :

Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$	1,165 dB
Incertitude étendue (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1.96 u_c$	2,15 dB

[5] Le facteur de couverture de 1,96 donne un niveau de confiance de 95% pour la distribution quasi normale de la plupart des résultats de mesure

7 RAPPORT

Le rapport de mesure devra suivre la structure définie en annexe F. Pour le cas 2, les particularités ci-après doivent être prises en compte.

Les données de mesure doivent être présentées sous forme de tableau (en option sous forme graphique) pour chaque emplacement de mesure et pour les niveaux recommandés.

Composante mesurée E

Le tableau ci-dessous est utilisé pour consigner les émissions significatives.

Fréquence	Valeur	Résultats	Unité	Equipement

Composante(s) calculé (s)

H, S peuvent être calculées en tenant compte des remarques de l'alinéa § 5 Post-traitement "Calcul du champ magnétique H / Densité de puissance "

Application des recommandations / directives

Les grandeurs mesurées et calculées seront utilisées pour vérifier la conformité de l'exposition RF à la législation en vigueur. Cette vérification se fait en deux étapes :

- E, H et S seront comparées aux niveaux de référence,
- E, H et S sont utilisées pour calculer les quotients d'exposition totale en découlant.

Voici ci-après quelques exemples du calcul des quotients d'exposition totale :

- Quotient d'exposition totale basé sur la densité de flux de puissance :

$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i^{\text{meas}}}{S_i^{\text{guid}}} = \frac{S_1^{\text{meas}}}{S_1^{\text{guid}}} + \frac{S_2^{\text{meas}}}{S_2^{\text{guid}}} + \frac{S_3^{\text{meas}}}{S_3^{\text{guid}}} + \dots + \frac{S_N^{\text{meas}}}{S_N^{\text{guid}}} < 1$$

- Quotient d'exposition totale rapporté aux effets de stimulation électrique (a=87 V/m, b=5 A/m ; E_i et H_i sont des limites fonction de la fréquence) :

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

(Source : Recommandation européenne du 12 juillet 1999 ; (1999/519/EC))

- Quotient d'exposition totale rapporté aux circonstances d'effet thermique (c=87/f^{1/2} V/m, d=0,73/f A/m ; E_i et H_i sont des limites fonction de la fréquence) :

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

(Source : Recommandation européenne du 12 juillet 1999 ; (1999/519/EC))

En tenant compte des valeurs mesurées et calculées et de leur incertitude, le CAS 3 doit être appliqué si les résultats atteignent ou dépassent le niveau de décision (ou les limites).

Annexe E

METHODE DE MESURE APPLICABLE AU CAS 3

1 PORTEE DU DOCUMENT ET EXIGENCES SPECIFIQUES

La présente méthode doit être appliquée lorsque les CAS 1 et 2 ne sont pas adaptés et en particulier

- Lorsque des mesures de champ proche sont requises,
- Lorsque des mesures de champ électrique ou magnétique intense sont requises,
- Pour la mesure de services non classiques (exemple : émissions pulsées, discontinues ou large bande).

2 EQUIPEMENT DE MESURE

Les équipements utilisés sont les mêmes que ceux utilisés pour les CAS 1 et 2. En outre, il convient de noter que pour une situation de champ proche, des mesures électriques et magnétiques sont requises (utilisation de capteurs E et H). En outre, pour certains types de signaux, en particulier pulsés ou UWB⁶, l'utilisation d'un récepteur/analyseur de domaine temporel est fortement recommandée pour pré-analyser les signaux (par exemple détection et caractérisation de salves) et s'assurer que les paramètres de mesure sont adaptés en conséquence.

3 PRE TRAITEMENT

Le fonctionnement du pré-traitement est identique au CAS 2. Il peut en outre être intéressant de demander aux opérateurs plus de détails sur la station (nombre d'émetteurs-récepteurs, mode de fonctionnement temporel et système et diagramme d'antenne).

4 PROCEDURE DE MESURE

La procédure doit se faire selon les étapes suivantes :

1. Point de mesure

Le choix des points de mesure (emplacement et nombre de points) sera fait en fonction de considérations générales (Annexe A - § 6.2). Pendant les mesures, les opérateurs doivent se tenir éloignés des antennes, qui doivent être montées sur des trépieds non conducteurs afin de ne pas perturber le champ électromagnétique.

2. Bande de fréquence

Le déroulement de la mesure est adapté pour des fréquences comprises entre 9 kHz et 3 GHz. Si dans un lieu de mesure, il y a des antennes d'émission dans des bandes de fréquences supérieures à 3 GHz (par exemple : radar), les émissions associées doivent être mesurées en tenant compte des remarques ci-dessous (§ 4 - configurations spécifiques).

3. Paramètres de l'équipement

Ils doivent être identiques au CAS 2, sauf pour les émissions atteignant les limites (mesures d'émissions fortes), pulsées, discontinues et large bande. Pour ces types d'émissions, on tiendra compte du paragraphe § 4 ci-après (configurations spécifiques).

⁶ Ultra Large Bande

4. Configurations spécifiques

4.1 Mesure en zone de champ proche réactif

Par contraste aux régions de champ proche et de champ lointain rayonnants, dans la zone de champ proche réactif, les champs H et E doivent être mesurés séparément ; cela peut être obtenu à l'aide de capteurs distincts. La composante électrique (E) du champ électromagnétique peut être facilement mesurée à l'aide d'antennes appropriées, par ex. dipôle, antenne bi-conique, log-périodique, etc., et la composante magnétique (H) du champ électromagnétique est habituellement mesurée avec des capteurs à boucle (puisque le courant induit dans la boucle est proportionnel à l'intensité du champ magnétique traversant la boucle).

4.2 Mesure de champ électrique ou magnétique intense

L'immunité des équipements, en particulier des récepteurs ou analyseurs de spectre, doit être vérifiée et si nécessaire, il faut utiliser des champmètres "large bande" munis d'une sonde de champ isotropique, l'ensemble ayant une meilleure immunité contre les signaux forts.

Si des récepteurs ou analyseurs de spectre sont nécessaires, il faut :

- Utiliser des antennes passives et des équipements protégés,
- Ou réduire la puissance d'un ou de plusieurs émetteurs et tenir compte des facteurs de réduction.

Pour ces types d'équipement, la procédure doit suivre les étapes ci-après :

- Régler la fréquence centrale sur chaque canal d'émission sur une résolution égale à la largeur de bande du canal (si possible plus large),
- Sélectionner "Mode Moyenne" pendant une durée adéquate (la durée de mesure doit être référencée par rapport aux recommandations d'exposition (par exemple, 6 minutes selon EU 1999/519/EC)),
- Sélectionner "détecteur RMS"
- Si un dipôle simple ou une boucle simple sont utilisés, 3 mesures doivent être effectuées au même point dans 3 directions orthogonales pour mesurer les différentes composantes du champ. Le champ total est donné à l'aide de la formule ci-après :

$$|E| = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2}, \quad |H| = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$$

Précautions pour les opérateurs de mesure :

Lorsque des champs électromagnétiques intenses doivent être mesurés, il convient de prendre des précautions pour éviter l'exposition des opérateurs de mesure. Il est recommandé d'utiliser des alarmes d'exposition ou d'effectuer préalablement des calculs de prédiction d'intensité des champs, ainsi que des méthodes de travail sécurisées.

4.3 Signaux aux fréquences supérieures à 3 GHz

Dans ces bandes de fréquence, il n'y a que quelques antennes omnidirectionnelles qui sont disponibles. De ce fait, on utilise des antennes de type cornet, parabole, lentille, log-périodique, etc...

La procédure doit suivre les étapes ci-après :

- Régler la fréquence centrale sur chaque canal d'émission avec une résolution égale au moins à la largeur de bande du canal (si possible plus large),
- Sélectionner "Mode Moyenne" pendant une durée adéquate (la durée de mesure doit être rapportée aux recommandations d'exposition (par exemple, 6 minutes selon EU 1999/519/EC)),
- Sélectionner "détecteur RMS",
- L'antenne doit être utilisée dans être orientée correctement (signal maximum) avec la polarisation appropriée. Dans cette procédure de mesure, les réflexions sont négligeables.

4.4 Mesures des émissions pulsées/radar

Pour ces types de signaux, l'énergie des ondes hyperfréquences est transportée par de courtes salves. La durée de l'impulsion est habituellement courte par rapport à l'intervalle entre impulsions. Il existe une grande diversité de radars, en particulier pour les applications aéronautiques, mais également dans d'autres domaines, par exemple les activités de surveillance et de contrôle. Ces applications ont des caractéristiques très variées et utilisent typiquement des fréquences comprises entre 100 MHz et 95 GHz avec des puissances crêtes comprises entre 1 W et 50 MW. Les valeurs à évaluer (pour les champs électriques et magnétiques) sont la valeur crête et la valeur moyenne du champ pulsé.

Pour l'évaluation de la valeur crête, la procédure doit se faire selon les étapes suivantes :

- Choisir un filtre à bande suffisamment large pour prendre une mesure sur une durée inférieure à l'impulsion (dans le cas d'une impulsion non modulée, un filtre de largeur $4/\tau$, τ étant la durée de l'impulsion, permet d'obtenir 99% de la puissance du signal),
- Sélectionner le mode "MAX HOLD" pendant 1 ou plusieurs rotations du radar (jusqu'à stabilisation du signal),
- Sélectionner le mode "détection de crête positive",
- Avec un « Span 0 » centré sur la fréquence de l'émission.

La puissance crête ne doit pas dépasser le niveau de référence d'un facteur 30 dB soit :

- 1000 si on considère la densité de puissance,
- 32 si on considère l'intensité de champ.

Les chiffres ci-dessus doivent être conformes à la recommandation adoptée⁷, et ne concernent pas directement la caractéristique des impulsions du radar.

Pour l'évaluation de l'intensité de champ moyen efficace il est nécessaire :

- Soit de connaître les caractéristiques temporelles du signal pour déterminer la valeur moyenne à partir de la valeur crête,
- Soit d'effectuer la moyenne du signal instantané en mode RMS (Channel Power)

La valeur moyenne ne doit pas dépasser le niveau de référence. De nombreuses antennes radar ont un faisceau étroit agile en direction obtenu par des moyens mécaniques ou électroniques. En général, dans ces situations, il n'est pas utile d'évaluer cette valeur moyenne. On peut néanmoins se poser la question de l'arrêt de cette agilité en direction ou de son effet cumulatif avec d'autres émissions.

4.5 Signaux discontinus

Pour ce type de signal, 2 cas différents doivent être envisagés :

1 - Les paramètres techniques du signal sont connus (cycle de service, modulation, ...), il est recommandé :

- De définir la fréquence centrale pour chaque canal d'émission avec une résolution égale à la largeur de bande du canal (ou plus si possible),
- De sélectionner mode "MAX HOLD",
- De sélectionner le détecteur "crête".

La valeur "RMS" est ensuite évaluée par calcul :

- Si un dipôle isolé ou une boucle simple sont utilisés, 3 mesures doivent être effectuées dans 3 directions orthogonales afin d'obtenir les différentes composantes du champ. Le champ total est alors donné par la formule suivante :

$$|E| = \sqrt{|Ex|^2 + |Ey|^2 + |Ez|^2} \quad , \quad |H| = \sqrt{|Hx|^2 + |Hy|^2 + |Hz|^2}$$

⁷ par exemple EU 1999/519/EC

2 - Les paramètres techniques du signal sont inconnus, il est alors recommandé :

- De définir la fréquence centrale pour chaque canal d'émission avec une résolution égale à la largeur de bande du canal (ou plus si possible),
- De sélectionner "Mode moyenne" pendant une durée adéquate (la durée de mesure doit être référencée par rapport aux recommandations d'exposition (par exemple, 6 minutes selon EU 1999/519/EC)),
- De sélectionner "détecteur RMS",
- Si l'on utilise un dipôle simple ou une boucle simple, 3 mesures doivent être effectuées dans 3 directions orthogonales pour obtenir les différentes composantes du champ. Le champ total est donné par la formule :

$$|E| = \sqrt{|Ex|^2 + |Ey|^2 + |Ez|^2} \quad , \quad |H| = \sqrt{|Hx|^2 + |Hy|^2 + |Hz|^2}$$

L'opérateur doit activer la station pour éviter un temps d'observation prolongé.

4.6 Réseaux cellulaires (GSM, TETRA,...)

Ces systèmes se composent d'un canal de contrôle permanent et de canaux de trafic supplémentaires. Une station de base peut être considérée comme n émetteurs :

- 1 transmetteur (par exemple dans un canal GSM 900/1800, BCCH) avec un niveau de puissance constant $P_{\text{canal de contrôle}}$,
- (n-1) émetteurs avec un niveau de puissance égal à $P_{\text{canal de contrôle}}$ (n émetteurs au total ou " TRX " de la station de base).

Afin de tenir compte d'un trafic maximum possible, il est recommandé de procéder de la façon suivante :

- Identifier le canal de contrôle permanent (BCCH). Ceci peut être fait à l'aide d'un analyseur de spectre, le canal de contrôle permanent étant identifié par sa permanence et son niveau stable,
- Régler la fréquence centrale sur le canal de contrôle permanent avec une résolution égale à la largeur de bande du canal (si possible plus large),
- Sélectionner mode "MAX HOLD",
- Sélectionner le détecteur "crête",
- Si l'on utilise un dipôle simple ou une boucle simple, 3 mesures doivent être effectuées dans 3 directions orthogonales pour obtenir les différentes composantes du champ. Le champ total est donné par la formule:

$$|E| = \sqrt{|Ex|^2 + |Ey|^2 + |Ez|^2} \quad , \quad |H| = \sqrt{|Hx|^2 + |Hy|^2 + |Hz|^2}$$

$E_{\text{canal de contrôle}}$ est alors évalué.

- Etudier le nombre de émetteurs de la station de base (canaux de trafic et canal de contrôle). A l'aide d'un analyseur de spectre, il est également possible de noter le nombre de canaux sauf dans certains cas de saut de fréquence

L'extrapolation au maximum de trafic est alors calculée à l'aide de la formule suivante :

$$E_{\text{max}} = E_{\text{Canal-de-contrôle}} \times \sqrt{n_{\text{Transmetteurs}}}$$

Si les canaux de transmission appartenant à la même cellule utilisent différents niveaux de puissance, la formule suivante doit être utilisée :

$$E_{\text{max}} = E_{\text{Canal-de-contrôle}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{total}}}{P_{\text{Canal-de-contrôle}}}}$$

P_{total} est la puissance maximale possible

4.7 Emissions large bande analogiques/numériques (TV, T-DAB, DVB-T, ...)

Pour ce type d'émissions, il peut être difficile d'obtenir une résolution égale à la largeur de bande des émissions, de sorte que la procédure doit suivre les étapes suivantes :

- Sélectionner un filtre basse résolution et effectuer un calcul cumulatif tenant compte de la forme du filtre de résolution. Ce type de processus est appelé mode " Channel Power ",
- La durée de mesure doit être référencée par rapport aux règles d'exposition utilisées (par exemple 6 minutes dans EU 1999/519/EC),
- Si l'on utilise un dipôle simple ou une boucle simple, 3 mesures doivent être effectuées dans 3 directions orthogonales pour obtenir les différentes composantes du champ. Le champ total est donné par la formule :

$$|E| = \sqrt{|Ex|^2 + |Ey|^2 + |Ez|^2}, \quad |H| = \sqrt{|Hx|^2 + |Hy|^2 + |Hz|^2}$$

5 ESTIMATION DE L'INCERTITUDE

L'incertitude de mesure doit être évaluée pour les mesures traitées dans les tableaux ci-après, en tenant compte de chacune des grandeurs listées ici. L'incertitude standard $u(x_i)$ et le coefficient de sensibilité c_i seront évalués pour l'estimation x_i de chaque grandeur. L'incertitude standard combinée $u_c(y)$ de l'estimation y du mesurande est calculée en valeur quadratique :

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$$

L'incertitude de mesure étendue u_e est calculée par :

$$u_e = 1,96 u_c \text{ [8]}$$

et doit être indiquée dans le rapport de mesure :

- Pour des mesureurs de rayonnement RF avec sondes de champ isotropiques :

Grandeur d'entrée	Incertitude de x_i		$u(x_i)$	c_i	$(c_i u_{(x_i)})^2$ %
	Valeur	Pr Dist ; Div. k			
Isotropie		rectangulaire; $\sqrt{3}$		1	
Linéarité		rectangulaire; $\sqrt{3}$		1	
Platitude		normale ; $k=1$		1	
Température		rectangulaire ; $\sqrt{3}$		1	
.....
Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$				
Incertitude étendue (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1.96 u_c =$				

[8] Le facteur de couverture de 1,96 donne un niveau de confiance de 95% pour la distribution quasi normale pour la plupart des résultats de mesure

- Pour un récepteur ou un analyseur de spectre (associé à l'antenne étalonnée) :

Grandeur d'entrée	Incertitude de x_i		$u(x_i)$	c_i	$(c_i u(x_i))^2$ %
	Valeur %	Pr Dist ; Div. k			
Dispositif de mesure (récepteur, analyseur de spectre) y compris perte par câble		normale ; k=1		1	
Facteur d'antenne		normale ; k=1		1	
.....
Incertitude standard combinée	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$				
Incertitude étendue (intervalle de confiance de 95%)	$u_e = 1,96 u_c =$				

6 RAPPORT

Le rapport de mesure doit suivre la structure définie en Annexe F. Pour le cas 3, les particularités suivantes doivent être prises en compte.

Les données de mesure doivent être présentées sous la forme de tableaux (graphique, en option) pour chaque emplacement de mesure par rapport aux niveaux recommandés.

Composante mesurée E (ou H)

Fréquence	Valeur	Résultats	Unité	Equipement

Application des recommandations/règles

Les grandeurs mesurées et calculées doivent être utilisées pour contrôler la conformité de l'exposition RF à la législation en vigueur, ce qui signifie :

- Que E, H et S doivent être comparées aux niveaux de référence,
- E, H et S sont utilisés pour calculer les indices d'exposition éventuels (voir le cas 2 pour des exemples).

Annexe F

RAPPORT

Les principaux éléments de la structure du rapport sont les suivants :

1 OBJECTIFS ET LIMITATIONS

Les objectifs et le fonctionnement doivent être décrits (site de mesure, choix des points de mesure).

2 DESCRIPTION DU SITE DE MESURE

Les informations ci-après doivent être fournies :

- Date, heures de début et d'arrêt,
- Coordonnées géographiques (système WGS84) : Latitude – Longitude (GPS),
- Adresse,
- Description et caractéristiques particulières du site de mesure (dans le cas d'une zone complexe, urbaine par exemple, le site de mesure exact doit être décrit),
- Liste des émetteurs identifiés visibles,
- Température en °C.

3 DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS

L'équipement utilisé et ses caractéristiques pertinentes seront consignés dans le rapport. En voici des exemples pour différentes catégories d'équipements :

- Antenne :

Antenne n°....	
Fabricant	Gain (Fmin et Fmax –Gain dans l'axe)
Type	Incertitude du facteur d'antenne
Bande de fréquence	Date de contrôle/mise à jour

- Analyseur de spectre ou récepteur :

Equipement n°	
Fabricant	Bande de fréquence
Type	Date de contrôle/mise à jour
Incertitude de mesure	

- Sonde

Equipement n°	
Bande de fréquence	Plage dynamique
Incertitude de mesure	Date de contrôle/mise à jour

4 INCERTITUDE

Pour être complète, chaque mesure doit être accompagnée par un relevé d'incertitude, qui doit être conforme aux spécifications introduites dans les cas 1, 2 et 3. Toutefois, du fait de la nature in-situ du site de mesure, il n'est pas possible pratiquement d'inclure toutes les incertitudes associées au site de mesure.

5 RAPPORT DES MESURES

Le rapport de mesures doit être conforme aux spécifications introduites dans les cas 1, 2 ou 3.

6 LIMITES ET FORMULES APPLIQUEES POUR LES QUOTIENTS D'EXPOSITION TOTALE

La valeur des limites dans la bande de fréquence observée et la façon d'obtenir les quotients d'exposition totale doivent être décrits. Il est également possible de donner les références de la méthode.

7 CONCLUSION

La conclusion sur la conformité de l'exposition RF aux recommandations sera spécifiée.

Annexe 3 : Rapport de l'application du protocole de mesure

Un rapport sera rendu à l'issue des opérations de mesure. Les principales pages de ce rapport sont présentées dans cette annexe.

Une version électronique du compte rendu est disponible sur le serveur « web » de l'Agence Nationale des Fréquences à l'adresse suivante « www.anfr.fr ».

Synthèse des résultats de mesure et conclusions

Société : _____ Date _____
 Intervenant : _____ N° d'ordre : _____

Lieu de mesure

Rue _____
 Longitude : _____ Latitude : _____

CAS 1 - Analyse rapide

Champ électrique E	MHz - MHz	
Champ magnétique H	0,001 MHz - 3000 MHz	

CAS 2 / CAS 3 - Analyse par bande de fréquences / Analyse détaillée

Champ électrique moyen total	0,0 V/m
Champ magnétique moyen total	0,0 mA/m

			Maximum
Densité de courant induit et effets de stimulation électrique pour : $f < 10\text{MHz}$	E	0,00%	0,00%
	H	0,00%	
Effet thermique pour : $f > 100\text{kHz}$	E	0,00%	0,00%
	H	0,00%	

Résultats

Le champ électrique moyen total est _____ fois _____ au niveau de référence le plus faible.
 La valeur limite est respectée :

Avertissement : Les équipements dont le rayonnement électromagnétique est "contrôlé" et "non permanent" (ex : four à micro ondes, etc..) doivent être éteints pendant la phase des mesures. Néanmoins si ce type d'équipement fait l'objet d'une demande de mesures, cela doit être signifié dans le cadre : "Descriptif général et conditions particulières de la mesure".

Description du site de mesure

IMPORTANT

Toutes les cellules à fond jaune sont des champs obligatoires, celles à fond blanc sont facultatives.

Généralités

Numéro d'ordre :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Références :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Protocole de mesure :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Société :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Intervenant(s) :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Date :	<input style="width: 150px;" type="text"/>	Heure de début :	<input style="width: 100px;" type="text"/>
		Heure de fin :	<input style="width: 100px;" type="text"/>

Adresse du lieu de mesure

Numéro :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Rue :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Autre voie (préciser) :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Code postal :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Ville :	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Coordonnées GPS : (en WGS 84)	Longitude :	<input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> ° <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> ' <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> " <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="E"/>	<input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="E"/>
	Latitude :	<input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> ° <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> ' <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> " <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="N"/>	<input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="0"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <input style="width: 30px; text-align: center;" type="text" value="N"/>
Complément d'adresse du lieu où est réalisée la mesure à l'analyseur de spectre :			

Type d'environnement

Particularités

Descriptif général et conditions particulières :

--

Proximité de lieux publics

	Distance / au site de mesure (en m)
<input type="checkbox"/> Rue ou place publique	
<input type="checkbox"/> Parc de jeu	
<input type="checkbox"/> Ecole	
<input type="checkbox"/> Hôpital / établissement paramédical	
<input type="checkbox"/> Maison de retraite	

Densité de population (extrapolation pour le GSM)

Site à l'intérieur des bâtiments (Centre commercial, métro, Immeuble Grande Hauteur, bureau, aéroport) ▼

Extrapolation du nombre de TRX GSM	
Bande	Nombre de TRX
900MHz	4
1800MHz	4

Extrapolation UMTS	
Bande	Facteur
UMTS	10%

Le Triangle d'Or dans Paris 8ème est délimité par les Champs Elysées et les avenues Montaigne et Georges V

Agglomération : ensemble de villes, de faubourgs , de banlieues

Conditions météorologiques

Humide ▼

Pendant les mesures (hors équipe de mesure), les personnes suivantes étaient présentes :

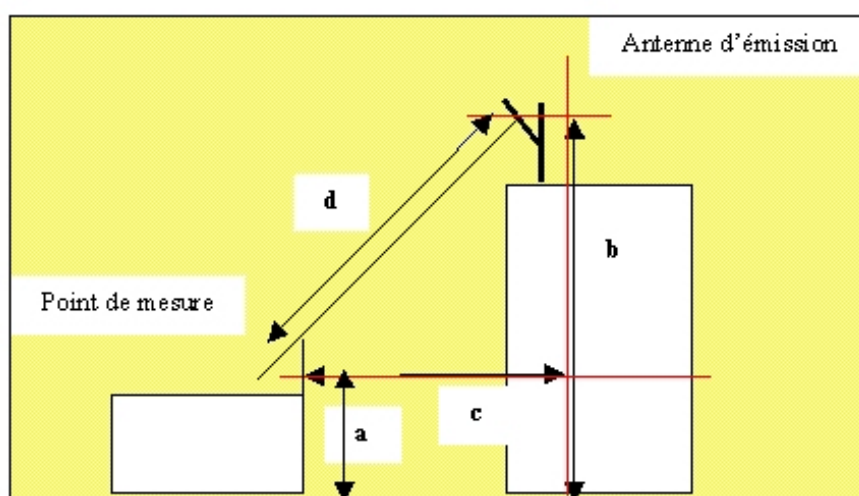
	Nom ou société
Représentant des autorités	
Représentant des comités de soutien	
Huissier	
Personnes privées	
Opérateurs	
Laboratoire	

Emetteur(s) visible(s) situés à proximité du site de mesure

Distance	TV / Radio	GSM ou UMTS	PMR	Autres
< 50 m				
50 m - 100 m				
100 m - 200 m				
200 m - 1000 m				
1 km - 10 km				

Autres (préciser)	Emission HF (radio France Bleu)
-------------------	---------------------------------

Paramètres



Fréquence de l'émetteur		Type d'émission (*)	Distance (m)			
Fréquence min (MHz)	Fréquence max (MHz)		a	b	c	d

(*) : FM pour radiodiffusion de bande FM
 TV pour télévision
 GSM / UMTS pour les émetteurs à la norme GSM - TETRA - UMTS
 AUTRES pour tous autres types d'émetteurs

Description des systèmes de mesure utilisés

Société :	Numéro d'ordre :
Intervenant :	Date
Adresse :	
Longitude :	Latitude :

Limitations fréquentielles du matériel utilisé

Limite fréquentielle inférieure :		kHz
Limite fréquentielle supérieure :		GHz

Equipements de mesure

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date vérification

Antennes

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date vérification

ATTENTION : Une copie des certificats de vérification des matériels doit être joint au compte rendu de mesure.

CAS 1 : utilisation de la sonde isotrope

Société :	Numéro d'ordre :
Intervenant :	Date
Adresse :	
Longitude :	Latitude :

Mesures du champ électrique ou du champ magnétique avec la sonde

Champ électrique E

Fabricant (sonde)	Type	Temps d'intégration (ms)	Fréquence (MHz)		Incertitude (%) à 95%
			départ	arrivée	

Mesure moyenne (V/m)	
Point de mesure haut	
Point de mesure central	
Point de mesure bas	
Niveau inférieur à la sensibilité de la sonde	<input type="checkbox"/>

Moyenne (V/m)	
Sensibilité de la sonde	V/m

Champ magnétique H

Fabricant	Type	Temps d'intégration (ms)	Fréquence (MHz)		Incertitude (%) à 95%
			départ	arrivée	
			0,001	3000	

Mesure moyenne (mA/m)	
Point de mesure haut	
Point de mesure central	
Point de mesure bas	

Moyenne (mA/m)	

Mesures complémentaires avec la sonde

Lieux de la mesure	E	H
	Valeur Moyenne (V/m)	Valeur Moyenne (mA/m)

Cas 3 : Table des résultats des mesures (analyseur de spectre)

Société :	Numéro d'ordre :
Intervenant :	Date
Adresse :	
Longitude :	Latitude :

Fréquence	Mesure	Facteur d'extrapolation	Champ E		Champ H	
			Eeff	Eg eff	Heff	Hg eff
			Valeur efficace	Seuil de référence min.	Valeur efficace	Seuil de référence min.
MHz	dB(μ V/m)	Nbr TRX	V/m	V/m	mA/m	mA/m