

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**K.83**

(03/2011)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES  
PERTURBATIONS

---

**Surveillance des niveaux des champs  
électromagnétiques**

Recommandation UIT-T K.83



## Recommandation UIT-T K.83

### Surveillance des niveaux des champs électromagnétiques

#### Résumé

La Recommandation UIT-T K.83 donne des indications sur la manière d'effectuer des mesures à long terme pour la surveillance des niveaux des champs électromagnétiques (EMF) dans certaines zones qui suscitent des préoccupations au sein du public, afin de montrer que les champs électromagnétiques sont sous contrôle et inférieurs aux limites. L'objectif de cette Recommandation est de fournir à l'opinion publique des données claires et aisément disponibles concernant les niveaux des champs électromagnétiques, sous la forme de résultats de mesures en continu.

#### Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études
1.0	ITU-T K.83	2011-03-09	5

## AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

## NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2013

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

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références..... 1
3	Définitions ..... 2
4	Abréviations et acronymes ..... 4
5	Quantités physiques, unités et constantes..... 5
6	Processus général..... 5
6.1	Description de la méthode générale ..... 6
6.2	Limites d'exposition ..... 7
7	Procédure de mesure sélective en fréquence ..... 8
7.1	Sous-gamme de fréquences ..... 8
7.2	Détermination automatique de la plage de niveaux ..... 8
7.3	Mesure des bandes de fréquences..... 9
7.4	Mesure de services spéciaux ..... 9
7.5	Evaluation des résultats ..... 9
7.6	Equipement de mesure: prescriptions générales..... 9
7.7	Sonde de mesure..... 10
7.8	Instrument de mesure ..... 10
7.9	Contrôle des mesures..... 10
7.10	Enceinte mécanique et de protection..... 10
8	Procédure de mesure à large bande ..... 11
8.1	Equipement de mesure ..... 11
8.2	Sonde de mesure..... 11
8.3	Instrument de mesure ..... 11
8.4	Protection..... 12
8.5	Méthode de mesure..... 12
8.6	Mesures de l'exposition à des sources ou des fréquences multiples..... 12
9	Incertitude..... 13
10	Rapport sur les résultats des mesures ..... 14
Appendice I – Liens vers les sites web officiels présentant les résultats de la surveillance des champs électromagnétiques..... 16	

## **Introduction**

Les champs électromagnétiques sont imperceptibles et mal connus par le grand public, ce qui suscite méfiance et hostilité au sein de la population et peut donner lieu à des conflits sociaux, voire retarder le déploiement de nouvelles techniques hertziennes.

La solution à ces problèmes consiste à contrôler les émissions électromagnétiques en procédant à des mesures et en assurant une bonne communication. Les mesures confèrent aux émissions un caractère objectif et contribuent, lorsqu'elles sont présentées au public d'une manière compréhensible, à atténuer cette méconnaissance et ce sentiment d'impuissance du grand public.

Les mesures des champs électromagnétiques doivent satisfaire à trois critères: objectivité, fiabilité, et continuité. Les mesures sont considérées comme objectives lorsqu'un organisme public ou indépendant effectue les mesures et gère leur publication. La fiabilité découle du respect des normes internationales relatives à la mesure des champs électromagnétiques et de l'étalonnage accrédité des équipements de mesure. Des mesures fiables et objectives effectuées en continu (24 heures sur 24 et 365 jours par an) permettent de surveiller en permanence les émissions et assurent la plus grande transparence possible.

Pendant plusieurs années, des systèmes à large bande ont été utilisés dans diverses régions du monde pour effectuer des mesures en continu des champs électromagnétiques. Ces mesures, qui ont donné des résultats satisfaisants, ont contribué à renforcer la confiance des particuliers envers les gouvernements, à lever leurs appréhensions à l'égard des émissions électromagnétiques et à réduire la méconnaissance qu'il ont de ces émissions. Les systèmes de mesure sélective en fréquence constituent une autre solution possible, qui devrait être utilisée pour répondre à des besoins particuliers.

On trouvera dans la présente Recommandation les bases de la mise en œuvre de systèmes de mesures en continu des émissions électromagnétiques, qui constitueront des pratiques courantes au niveau international pour ce type de mesures.

# Recommandation UIT-T K.83

## Surveillance des niveaux des champs électromagnétiques

### 1 Domaine d'application

On trouvera dans la présente Recommandation les méthodes et les caractéristiques du système de surveillance à utiliser pour la surveillance en continu des champs électromagnétiques émis par les émetteurs radioélectriques, tant dans les systèmes large bande que dans les systèmes de mesure sélective en fréquence, afin d'évaluer l'exposition à long terme des personnes aux champs électromagnétiques dans la bande 9 kHz-300 GHz.

### 2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [EN 50383] EN 50383 (2010), *Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz-40 GHz)*.
- [EN 50400] EN 50400 (2005), *Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz-40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service*.
- [EN 50413] EN 50413 (2008), *Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz-300 GHz)*.
- [EN 50492] EN 50492 (2008), *Basic standard for in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations*.
- [ICNIRP] ICNIRP (1998), *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*.
- [IEC 62311] IEC 62311 (2007), *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz-300 GHz)*.
- [IEEE C95.3] IEEE Std C95.3-2002, *IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz*.
- [Guide ISO/CEI] Guide ISO/CEI sur l'expression de l'incertitude de mesure, 1995.

### 3 Définitions

Les termes suivants sont définis dans la présente Recommandation:

**3.1 temps d'intégration ( $t_{avg}$ ):** intervalle de temps pendant lequel on calcule l'exposition moyenne afin de déterminer la conformité aux valeurs limites.

**3.2 champ électrique ( $E$ ):** grandeur d'un vecteur de champ en un point, qui représente la force ( $F$ ) sur une petite charge positive ( $q$ ) divisée par cette charge:

$$E = \frac{F}{q}$$

Le champ électrique est exprimé en unités de volt par mètre (V/m).

**3.3 exposition:** ce terme s'applique à toute situation dans laquelle une personne est exposée à des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques.

**3.4 ratio d'exposition:** paramètre d'exposition évalué en un point déterminé pour chaque fréquence de fonctionnement d'une source radioélectrique, exprimé en fraction de la limite correspondante.

Pour les évaluations par rapport aux niveaux de référence:

Entre 9 kHz et 10 MHz:

$$ER = MAX \left[ \left( \frac{E}{EL} \right), \left( \frac{H}{HL} \right) \right]$$

Entre 100 kHz et 300 GHz:

$$ER = MAX \left[ \left( \frac{E}{EL} \right)^2, \left( \frac{H}{HL} \right)^2 \right]$$

ou entre 10 MHz et 300 GHz:

$$ER = \left( \frac{S}{SL} \right)$$

où:

$ER$  est le ratio d'exposition à chaque fréquence de fonctionnement pour la source

$EL$  est la limite du champ  $E$  faisant l'objet de l'étude à la fréquence  $f$

$HL$  est la limite du champ  $H$  faisant l'objet de l'étude à la fréquence  $f$

$SL$  est la limite de densité de puissance équivalente pour les ondes planes à la fréquence  $f$

$E$  est le champ  $E$  évalué à la fréquence  $f$  pour la source

$H$  est le champ  $H$  évalué à la fréquence  $f$  pour la source

$S$  est la densité de puissance équivalente pour les ondes planes évaluée à la fréquence  $f$  pour la source

$f$  est chaque fréquence de fonctionnement de la source.

Le ratio  $ER$  est applicable aux valeurs limites fondées sur les réglementations nationales ou, si celles-ci ne sont pas définies, dans les principes de la CIPRNI.



**3.5 région de champ lointain:** région du champ d'une antenne dans laquelle la distribution angulaire du champ est essentiellement indépendante de la distance par rapport à l'antenne. Région dans laquelle le champ présente essentiellement la forme d'une onde plane, c'est-à-dire que les champs électriques et magnétiques sont uniformément répartis localement selon des plans perpendiculaires au sens de propagation.

NOTE – Pour la région de champ lointain, les vecteurs du champ électrique  $E$  et du champ magnétique  $H$  sont perpendiculaires entre eux et le rapport entre la valeur du champ électrique  $E$  et du champ magnétique  $H$  est une constante appelée impédance de l'espace libre  $Z_0$ .

**3.6 impédance de l'espace libre:** l'impédance de l'espace libre  $Z_0$  est définie comme étant la racine carrée de la perméabilité de l'espace libre  $\mu_0$  divisée par la permittivité de l'espace libre  $\epsilon_0$ :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 120\pi \cdot \Omega \approx 377\Omega$$

**3.7 linéarité:** écart maximal, pour la plage de mesure, de la quantité mesurée par rapport à la courbe de référence linéaire la plus proche, définie sur l'intervalle.

**3.8 champ magnétique (H):** grandeur d'un vecteur champ en un point résultant en une force ( $F$ ) sur une charge ( $q$ ) se déplaçant à une vitesse ( $v$ ).

$$F = q(v \times \mu H)$$

Le champ magnétique est exprimé en unités d'ampères par mètre (A/m).

**3.9 modulation:** processus consistant à modifier l'amplitude, la phase et/ou la fréquence d'une forme d'onde périodique afin d'acheminer des informations.

**3.10 région de champ proche:** région généralement située à proximité d'une antenne ou d'une autre structure rayonnante, dans laquelle les champs électriques et magnétiques ne présentent pas essentiellement la forme d'une onde plane, mais varient considérablement d'un point à l'autre. On distingue en outre deux régions de champ proche: la région de champ proche réactif, la plus rapprochée de la structure rayonnante et contenant l'essentiel ou la quasi-totalité de l'énergie stockée, et la région de champ proche rayonnant, dont le champ de rayonnement prédomine sur le champ réactif, mais ne présente pas essentiellement la forme d'une onde plane et est d'une structure complexe.

**3.11 perméabilité ( $\mu$ ):** La perméabilité magnétique d'un matériau est définie par la densité du flux magnétique  $B$  divisée par le champ magnétique  $H$ :

$$\mu = \frac{\|\vec{B}\|}{\|\vec{H}\|}$$

où  $\mu$  est la perméabilité du support exprimée en henry par mètre (H/m).

**3.12 permittivité ( $\epsilon$ ):** Propriété d'un matériau diélectrique (par exemple un tissu biologique). Dans le cas d'un matériau isotrope, la permittivité est définie par la densité électrique  $D$  divisée par le champ électrique  $E$ :

$$\epsilon = \frac{\|\vec{D}\|}{\|\vec{E}\|}$$

La permittivité est exprimée en unités de farads par mètre (F/m).

**3.13 densité de puissance (S):** quotient de la puissance rayonnée incidente perpendiculaire à une surface par l'aire de cette surface. La densité de puissance est exprimée en watts par m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>).

**3.14 source pertinente:** source radioélectrique qui, en un point de mesure donné, a un ratio d'exposition supérieur à 0,05.

**3.15 valeur quadratique moyenne (rms):** valeur efficace ou valeur quadratique moyenne obtenue en prenant la racine carrée de la moyenne du carré de la valeur de la fonction périodique sur une période donnée.

**3.16 ratio total d'exposition (TER) [EN 50383]:** le ratio total d'exposition est la valeur maximale de la somme des ratios d'exposition de l'équipement faisant l'objet de l'essai et de toutes les sources pertinentes dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 300 GHz.

$$TER = ER_{EUT} + ER_{RS}$$

où:

$ER_{EUT}$  est le ratio d'exposition évalué provenant de l'équipement faisant l'objet de l'essai

$ER_{RS}$  est le ratio d'exposition évalué de toutes les sources pertinentes

**3.17 champ non perturbé:** champ qui existe dans un espace en l'absence de personne ou d'objet susceptible de l'influencer.

NOTE – Le champ mesuré ou calculé en présence d'une personne ou d'un objet peut varier considérablement.

#### 4 Abréviations et acronymes

Les abréviations et acronymes suivants sont utilisés dans la présente Recommandation:

AMRC	accès multiple par répartition en code
AMRC-LB	AMRC large bande
CIPRNI	Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants
DVB-T	radiodiffusion vidéo numérique de Terre ( <i>digital video broadcasting – terrestrial</i> )
EMF	champ électromagnétique ( <i>electromagnetic field</i> )
ER	ratio d'exposition ( <i>exposure ratio</i> )
IEC	Commission électrotechnique internationale ( <i>international electrotechnical Commission</i> )
IEEE	Institut des ingénieurs en électricité et en électronique ( <i>Institute of electrical and electronics engineers</i> )
RBW	largeur de bande de résolution ( <i>resolution bandwidth</i> )
RMS	valeur quadratique moyenne ( <i>root mean square</i> )
TER	ratio total exposition ( <i>total exposure ratio</i> )

## 5 Quantités physiques, unités et constantes

Les unités SI acceptées au niveau international sont utilisées dans l'ensemble de la présente Recommandation.

<i>Quantité</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Dimension</i>
Densité de courant	J	ampère par mètre carré	A/m <sup>2</sup>
Champ électrique	E	volt par mètre	V/m
Induction électrique	D	coulomb par mètre carré	C/m <sup>2</sup>
Fréquence	f	hertz	Hz
Champ magnétique	H	ampère par mètre	A/m
Induction magnétique	B	tesla (Vs/m <sup>2</sup> )	T
Perméabilité	μ	henry par mètre	H/m
Permittivité	ε	farad par mètre	F/m
Longueur d'onde	λ	mètre	m
<i>Constante physique</i>		<i>Grandeur</i>	
Vitesse de la lumière dans un vide	c	2'997 × 10 <sup>8</sup> m/s	
Permittivité de l'espace libre	ε <sub>0</sub>	8'854 × 10 <sup>-12</sup> F/m	
Perméabilité de l'espace libre	μ <sub>0</sub>	4π × 10 <sup>-7</sup> H/m	
Impédance de l'espace libre	Z <sub>0</sub>	377 ohms (environ 120πΩ)	

## 6 Processus général

La présente Recommandation définit les méthodes à utiliser pour déterminer le ratio total d'exposition (TER) durant une certaine période pour effectuer une évaluation en fonction du temps de l'exposition aux champs électromagnétiques (EMF). Deux méthodes sont recommandées: utilisation de la mesure sélective en fréquence ou utilisation de la mesure à large bande.

La procédure de mesure sélective en fréquence est fondée sur la norme [EN 50413] et [CEI 62311].

La méthode de mesure à large bande est fondée sur la norme [EN 50413] et [CEI 62311]. Elle permet d'obtenir le niveau de rayonnement total sous la forme du champ électrique (E) dans la bande de fréquences considérée, calculée en moyenne au cours d'une certaine période. Si la mesure est effectuée dans la région de champ proche, il est nécessaire d'évaluer le niveau de rayonnement total pour le champ magnétique (H).

Cette méthode est applicable dans les cas où la somme totale des émissions d'une bande de fréquences considérée doit être mesurée. Elle permet d'obtenir à moindre coût une mesure rapide du niveau d'émission total de la bande.

La méthode reposant sur le large bande ne doit pas être appliquée:

- s'il est nécessaire de connaître les niveaux de rayonnement par fréquence;
- si la valeur donnée dépasse le niveau de référence minimal dans la bande de fréquences qui doit être mesurée;
- si la sensibilité de l'équipement n'est pas suffisamment faible pour obtenir une valeur du rayonnement, mais que la législation en vigueur exige qu'une valeur du rayonnement soit fournie;
- pour mesurer les fréquences au-dessous de 100 kHz, étant donné que la somme totale des émissions ne constitue pas une méthode valable pour ces fréquences.

## 6.1 Description de la méthode générale

La mesure est effectuée automatiquement et en permanence dans la gamme de fréquences considérée. Dans de nombreux cas, la gamme de fréquences 80 MHz-3 GHz convient.

La gamme de fréquences devra être élargie, si nécessaire, pour englober toutes les fréquences fonctionnant dans la zone considérée.

Si la mesure est effectuée dans la région de champ proche réactif (distance  $< \max(\lambda, D, D^2/(4\lambda))$  – où  $\lambda$  est la longueur d'onde et  $D$  la dimension maximale de l'antenne) des émetteurs concernés ( $ER > 0,05$ ), il conviendra de procéder à une analyse détaillée pour justifier la validité des résultats des mesures.

NOTE – Pour une distance de 10 m, les conditions applicables au champ proche rayonnant ou au champ lointain sont remplies pour tous les émetteurs au-dessus de 30 MHz.

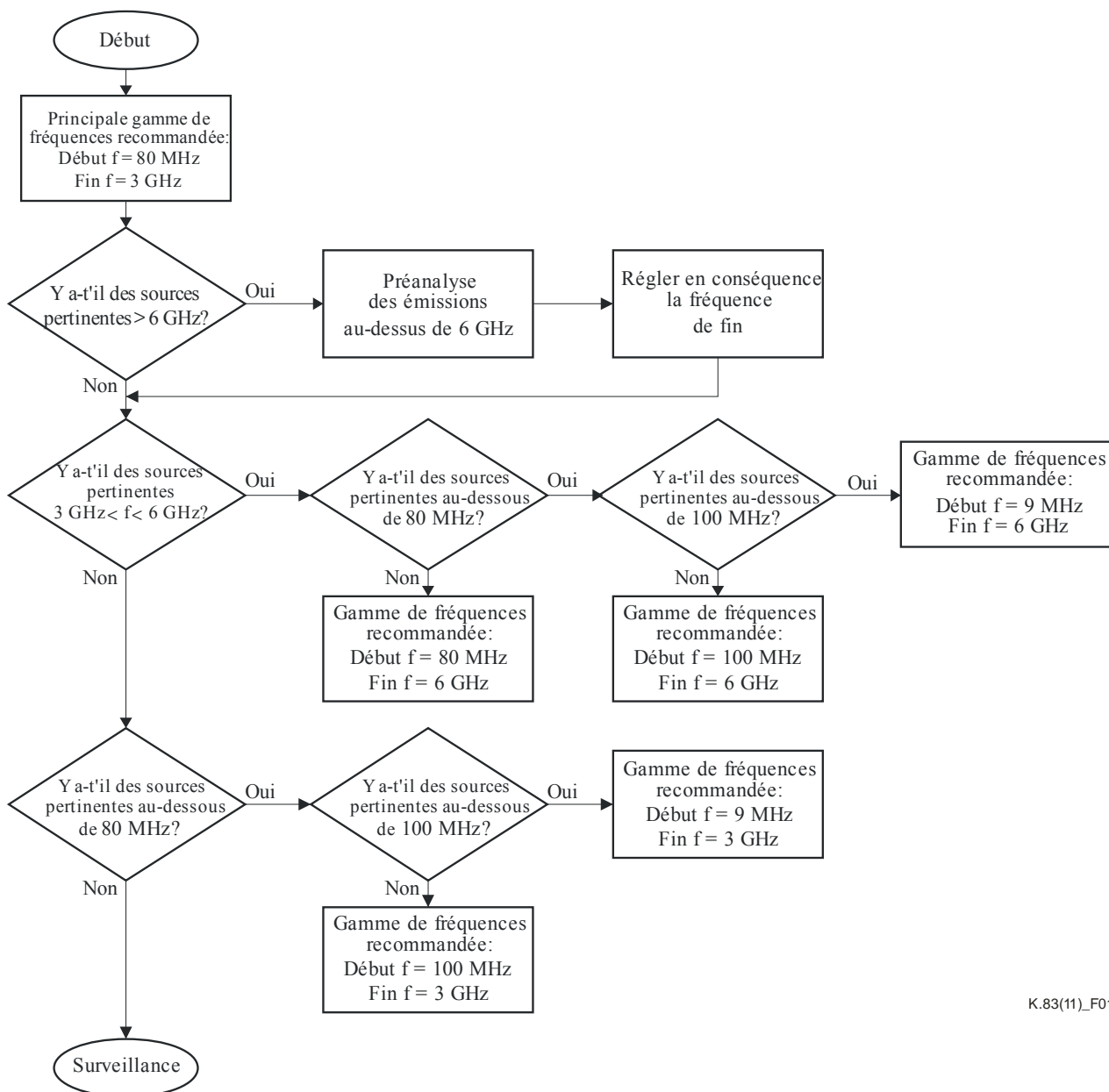
La plage est comprise entre 0 Hz et 100 kHz au plus pour les mesures à basse fréquence et entre 100 kHz et 300 GHz au plus pour les mesures à haute fréquence [EN 50413].

Dans le cas de champs basse fréquence, il faut évaluer séparément le champs électrique (E) et le champ magnétique (H).

Dans le cas de champs à haute fréquence et de conditions de champ lointain, on doit utiliser soit le champ électrique (E), soit le champ magnétique (H), soit la densité de puissance (S) pour l'évaluation.

Dans le cas de conditions de champ proche, il faut évaluer les composantes du champ électrique (E) et du champ magnétique (H).

La Figure 1 donne une vue d'ensemble de la procédure pour un emplacement donné.



K.83(11)\_F01

Figure 1 – Procédure d'évaluation d'emplacement

## 6.2 Limites d'exposition

Pour les besoins de la présente Recommandation, les limites fixées pour l'exposition du public dans les réglementations nationales, ou, s'il n'en existe aucune, les limites fixées par la CIPRNI, ainsi que les conditions d'exposition simultanée à des champs de fréquences multiples, s'appliquent.

A partir de ces valeurs du champ calculées  $E_i$ , on calcule le ratio total d'exposition (TER) pour toute la gamme de fréquences:

Dans le cas des lignes directrices de la CIPRNI, le critère du ratio total d'exposition (TER) désigne les effets de la stimulation électrique ( $a = 87 \text{ V/m}$ ;  $El$  est la limite dépendant de la fréquence):

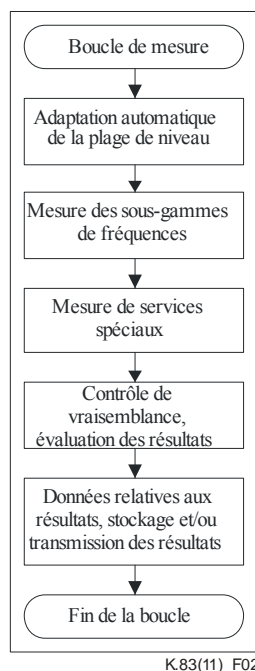
$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{El_i} + \sum_{i=1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

Le critère du ratio total d'exposition désigne des conditions d'effets thermiques ( $c = 87/f^{1/2}$  V/m,  $E_i$  est la limite dépendant de la fréquence):

$$\sum_{i=9\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i=1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{E_i}{El_i} \right)^2 \leq 1$$

## 7 Procédure de mesure sélective en fréquence

Les mesures comprennent des cycles répétés dont chacun représente un résultat de mesure. Chaque cycle est constitué des étapes indiquées sur la Figure 2.



**Figure 2 – Boucle de mesure**

### 7.1 Sous-gamme de fréquences

La gamme de fréquences est subdivisée en sous-gammes en fonction de la région.

Pour chaque sous-bande, le niveau maximal détectable correspond au moins à la valeur limite. Le niveau minimal détectable est requis dans le cas où aucune émission n'est présente au-dessus de la valeur de seuil. Il est possible de l'obtenir à l'aide des réglages adoptés, par exemple de l'affaiblissement et la largeur de bande. Une plage dynamique instantanée de 60 dB doit être obtenue pour chaque réglage de niveau. Un autre signal présent dans une autre sous-gamme et supérieur à 25% ou éloigné d'au moins 3 MHz par rapport à la fréquence de mesure ne doit pas causer de surcharge ni engendrer d'erreur de mesure, si son champ est inférieur à la limite d'exposition.

### 7.2 Détermination automatique de la plage de niveaux

Les paramètres (par exemple l'affaiblissement, le préamplificateur) correspondant à chaque sous-gamme sont adoptés automatiquement pendant chaque cycle, afin d'obtenir la meilleure sensibilité possible sans distorsion du signal due à une surcharge (par exemple dans les préamplificateurs et les mélangeurs) provenant d'autres émetteurs fonctionnant dans la même sous-bande ou dans d'autres sous-bandes.

### 7.3 Mesure des bandes de fréquences

Pour chaque bande de fréquences, la mesure doit être effectuée au moyen d'un détecteur conformément aux réglementations nationales. En l'absence de réglementation nationale, il convient d'utiliser le niveau quadratique moyen conformément aux lignes directrices de la CIPRNI. On choisit la durée de la mesure pour chaque bande en fonction du comportement temporel type des émetteurs. On refait la mesure avec une sensibilité accrue (par exemple avec une plus petite largeur de bande), à condition qu'aucune émission supérieure et inférieure à deux émissions au-dessous du seuil ne soit détectée et que le niveau minimal détectable ne soit pas atteint. Le bruit de fond du système de mesure est différencié indépendamment du réglage de la sensibilité et n'est donc pas utilisé comme valeur de mesure.

### 7.4 Mesure de services spéciaux

Les services spéciaux, par exemple les services à large bande (AMRC-LB et DVB-T par exemple), les signaux présentant un facteur de crête élevé et les signaux radar sont mesurés avec des réglages spécifiques (excursion nulle, durée et signal de mesure, largeur de bande adoptée au moins). En fonction du type de signal, on utilisera la valeur quadratique moyenne ou le détecteur de signal de crête [EN 50492]. Il convient d'utiliser l'Annexe E pour une évaluation complémentaire des réglages.

Une valeur de résultat obtenue ici à une fréquence  $f_0$  remplace la mesure avec balayage obtenue au § 7.3 dans la gamme de fréquences  $f_0 \pm \frac{1}{2}$  RBW.

Aucune extrapolation de la valeur du champ dans des conditions de trafic maximal d'un réseau cellulaire n'est effectuée.

### 7.5 Evaluation des résultats

Le résultat des mesures comprend les valeurs obtenues conformément aux § 7.2 et 7.3 qui satisfont aux critères indiqués au § 6.2, mémorisés en tant qu'émissions pertinentes et utilisés pour les calculs du TER.

Aux fins d'un contrôle de vraisemblance et de la détection de transmissions inhabituelles (brouilleurs large bande par exemple), on peut définir des limites de largeur de bande et de champ pour chaque bande de fréquences. Si l'émission se trouve en dehors de la limite, une alerte est ajoutée à l'intention de l'opérateur. Dans le cas où aucune limite n'est définie pour une gamme de fréquences ou si la mesure n'est pas possible (par exemple le rapport  $S/N$  insuffisant pour la détermination de la largeur de bande occupée), le contrôle de vraisemblance est omis pour cette fréquence. Le prochain cycle de mesures commence indépendamment du résultat du contrôle de vraisemblance.

NOTE – En cas de transmission automatique et de gestion centrale des données, on peut également centraliser le contrôle de vraisemblance.

A titre de renseignements complémentaires, on ajoute au résultat des mesures la date, l'heure, la position effective des mesures, la température ambiante et l'humidité ainsi que l'état du système et les alertes.

Ce résultat est mémorisé au niveau interne (évaluation hors ligne) ou transmis automatiquement par l'intermédiaire d'une liaison de données à un serveur (évaluation en ligne).

### 7.6 Equipement de mesure: prescriptions générales

L'équipement de mesure comprend les éléments suivants:

- Sonde de mesure.
- Instrument de mesure sélective en fréquence, qui traite le signal émis par la sonde et indique la valeur de la quantité de champ électromagnétique.

- Automatisation des mesures.
- Enceinte mécanique et de protection.

Les paramètres du système, tels que définis dans le présent paragraphe, sont valables pour l'unité entièrement assemblée, telle qu'installée sur le site.

L'équipement de mesure doit être étalonné en tant que système complet aux fréquences de mesure, conformément à la norme [EN 50383]. L'étalonnage doit tenir compte du facteur de crête élevée de certains signaux ou de certaines combinaisons de signaux.

### **7.7 Sonde de mesure**

Il convient d'utiliser une sonde isotrope pour les mesures, afin de déterminer la valeur du champ utilisée pour évaluer l'exposition des personnes. L'isotropie doit être analysée conformément à la norme [EN 50383], et l'écart à l'isotropie doit être inférieur à 2,5 dB dans la gamme de fréquences allant jusqu'à 3 GHz et inférieur à 3,5 dB dans la gamme comprise entre 3 et 6 GHz. Dans la gamme de fréquences élargie comprise entre 3 et 6 GHz, et aux fréquences supérieures, l'isotropie peut augmenter pour atteindre 3,5 dB.

Les mesures sont effectuées à la hauteur voulue (en général 1,5 m au-dessus du niveau du sol). Si la gamme de fréquences est subdivisée dans plusieurs sondes, des sondes de champ au-dessous de 130 MHz peuvent être installées dans une plage de hauteurs comprise entre 1,3 m et 1,7 m.

La taille de chaque sonde devrait être inférieure à 150 mm. L'interaction entre les sondes, le radôme et l'équipement de mesure doivent être pris en compte aux fins de l'évaluation de l'isotropie, de la sensibilité et de l'incertitude de mesure.

En cas d'utilisation de sondes actives, le point de compression de 1 dB doit être supérieur à la plage de mesure.

### **7.8 Instrument de mesure**

La plage de mesure des instruments doit être conforme aux valeurs du champ à mesurer. La sensibilité devrait être suffisante pour déterminer le niveau le plus bas à mesurer dans les limites de précision à ce niveau, telles que définies par le fabricant de l'instrument. A l'aide d'un sélecteur, les émissions de forte intensité dans d'autres bandes de fréquences sont supprimées. Les préamplificateurs ne doivent être utilisés qu'après le présélecteur, afin d'éviter les effets de surcharge non reconnus. La gamme de fréquences de l'équipement de mesure devrait être suffisante pour englober les fréquences des sources du champ électromagnétique devant être caractérisées.

Aux fins de la mesure des services spéciaux, la largeur de bande radioélectrique devrait être comprise entre 10 Hz et 10 MHz, compte tenu des filtres de canal pour les services types, par exemple les services AMRC-LB, DVB-T.

### **7.9 Contrôle des mesures**

Le contrôle des mesures vise à surveiller l'état du système. Si une interruption est détectée au cours de la procédure de mesure, le système se rétablit de façon autonome, recommence le cycle de mesures et envoie une alerte. Les résultats du cycle de mesures interrompu sont supprimés, et les résultats des cycles déjà terminés demeurent valables. Si une défaillance matérielle est détectée, les mesures sont considérées comme non valables.

### **7.10 Enceinte mécanique et de protection**

L'équipement de mesure doit être adapté aux conditions environnementales (température, humidité, vitesse du vent, vibrations, par exemple) à prévoir pendant la période de surveillance sur le site de mesure.



## **8 Procédure de mesure à large bande**

### **8.1 Equipement de mesure**

Afin d'effectuer les mesures à large bande, l'instrument à utiliser sera doté d'une sonde à large bande et d'un équipement de mesure du champ électromagnétique. Cet équipement comprendra:

- une sonde à large bande;
- un instrument de mesure, qui traite le signal émis par la sonde et fournit la mesure du champ;
- un dispositif de protection.

Il est indispensable que l'équipement de mesure fournisse la valeur quadratique moyenne du champ électrique, afin de comparer les niveaux mesurés aux limites d'exposition.

L'équipement de mesure devra être étalonné dans son ensemble et l'étalonnage devra être enregistré.

### **8.2 Sonde de mesure**

La sonde fournit une mesure indépendante de la fréquence, qui intègre toutes les émissions dans une bande de fréquences voulue . Il faut utiliser une sonde à large bande englobant la bande concernée. Cette sonde doit être isotrope et l'écart à l'isotropie doit être inférieur à 2,5 dB pour les fréquences allant jusqu'à 3 GHz, et inférieure à 3,5 dB pour les fréquences supérieures. Chacune des trois composantes du champ doit être mesurée si possible simultanément, afin de disposer d'un résultat total correct pour le champ. En outre, la sonde doit avoir une plage dynamique adaptée aux niveaux que l'on souhaite mesurer .

L'écart de la mesure dû à la variation de la réponse en fréquence de la sonde doit être inférieur à  $\pm 3$  dB pour la bande de fréquences considérée.

La zone couverte par la sonde devrait être suffisamment éloignée de l'unité de lecture par le biais d'une connexion d'impédance élevée et de matériaux à faible permittivité, afin de réduire le plus possible l'interaction entre le champ et les circuits de connexion.

### **8.3 Instrument de mesure**

L'instrument de mesure a pour fonction de calculer le niveau du champ sur la base des informations fournies par la sonde. La sensibilité de l'équipement doit être suffisante pour différencier le niveau minimal de champ voulu avec une précision appropriée. De même, la plage dynamique de l'équipement devrait être adaptée aux mesures à effectuer.

La sonde et l'instrument de mesure dans son ensemble devraient indiquer la valeur quadratique moyenne du champ.

En outre, l'instrument de mesure devrait gérer l'automatisation des mesures, afin qu'elles soient continues, en indiquant l'échantillonnage et les périodes moyennes définies. Une fréquence d'échantillonnage d'au moins 1 seconde est recommandée et la période moyenne devrait être de 6 minutes, conformément aux prescriptions de la [CIPRNI]; elle devrait être continue et "mobile" avec le temps, afin d'éviter toute perte de données, conformément à la norme [IEEE C95.3]. L'instrument devrait être doté d'une capacité de stockage suffisante aux fins des mesures, qui en tout état de cause devrait être supérieure à une semaine.

L'instrument de mesure est également chargé de surveiller l'état du système et de générer des alarmes en cas d'anomalie de fonctionnement.

## **8.4 Protection**

L'équipement de mesure devrait être adapté aux conditions environnementales (température, humidité, précipitations, vent, etc.) à prévoir sur le site considéré. A cette fin, on utilisera une protection mécanique dûment conditionnée.

## **8.5 Méthode de mesure**

La procédure à suivre est décrite ci-après:

### **8.5.1 Choix de la sonde**

Dans un premier temps, il est important de choisir correctement la sonde de mesure, afin qu'elle soit adaptée à la marge de fréquence et à la plage dynamique nécessaire du champ.

Les sondes offrent des valeurs du champ absolues, sans donner d'informations sur les fréquences. Il sera nécessaire de comparer la valeur obtenue, qui est le champ total de toutes les composantes spectrales dans la largeur de bande à mesurer, à la valeur minimale de la limite d'exposition. Il est intéressant de noter que la largeur de bande de la sonde devra être réglée à une valeur aussi proche que possible de la largeur de bande à mesurer, afin que la limite d'exposition minimale corresponde avec celle des fréquences que l'on souhaite mesurer.

### **8.5.2 Choix du site de mesure**

Les mesures doivent être effectuées à la hauteur voulue (en général 1,5 m au-dessus du niveau du sol). En conséquence, l'équipement de mesure devra être placé de telle sorte que la zone couverte par la sonde soit située à cette hauteur.

Le point de mesure doit être choisi façon à représenter le niveau d'exposition le plus élevé auquel une personne peut être exposée, compte tenu de toutes les sources d'émissions possibles. Cette valeur maximale peut être déterminée de façon empirique, par l'intermédiaire d'un balayage rapide avec un équipement de mesure du champ, ou par calcul de la propagation théorique des signaux émis par les antennes d'émission situées au voisinage. Il est important de tenir la sonde éloignée des surfaces métalliques (la distance doit correspondre à plusieurs fois le diamètre de la sonde), afin d'éviter les effets du couplage qui fausseraient la mesure.

La valeur du champ mesuré doit correspondre au champ «non perturbé», ce qui signifie qu'il faut réduire le plus possible toutes les influences possibles de l'assemblage sur le terrain. A cette fin, il conviendra d'assembler l'équipement sur un support non conducteur et présentant une faible permittivité, et les éventuels raccords métalliques devront être suffisamment éloignés de la sonde. En outre, il conviendra de prendre toutes les mesures nécessaires pour faire en sorte qu'aucun objet en mouvement ni aucune personne ne se trouve à proximité de l'équipement pendant les mesures.

### **8.5.3 Mesures automatiques**

L'équipement devra fonctionner de manière autonome une fois qu'il est mis en service. Le même équipement devra gérer les mesures et leur automatisation afin que les mesures soient effectuées en continu et sans interruption.

La durée moyenne des mesures du champ devrait être définie en vertu de la réglementation nationale ou être de 6 minutes conformément aux lignes directrices de la [CIPRNI]. Chaque mesure devrait être stockée dans la mémoire de l'équipement, en attendant d'être récupérée par le gestionnaire du système.

## **8.6 Mesures de l'exposition à des sources ou des fréquences multiples**

L'exposition à une seule fréquence correspond au cas idéal. Le cas le plus général est celui de l'exposition à plusieurs sources ou à une seule source avec plusieurs fréquences. Toutefois, compte tenu de ce cas général, on peut aisément prouver mathématiquement que, si la valeur mesurée par

l'équipement ne dépasse pas la limite d'exposition la plus restrictive dans la bande de fréquences à mesurer, alors les contributions aux différentes fréquences seront elles aussi inférieures à la limite en question, puisque:

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

## 9 Incertitude

Les incertitudes doivent être estimées conformément aux méthodes décrites dans la norme [EN 50413], [EN 50383], et [Guide ISO/CEI]. On peut obtenir les contributions à l'incertitude totale de la mesure grâce aux mesures appropriées effectuées sur l'équipement, ou d'après les spécifications du constructeur, qui peuvent être considérées comme des tolérances, avec distribution rectangulaire.

L'incertitude élargie avec un intervalle de confiance de 95% [EN 50413], [EN 50383] et [Guide ISO/CEI] ne doit pas dépasser 4 dB.

Les contributions de chaque composante d'incertitude peuvent être enregistrées avec leur nom, leur distribution de probabilité, leur coefficient de sensibilité et leur valeur d'incertitude. Les résultats doivent être enregistrés dans un tableau comme indiqué dans le Tableau 1. L'incertitude cumulée doit alors être évaluée à l'aide de 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 (coefficient de sensibilité). L'incertitude élargie doit être évaluée au moyen d'un intervalle de confiance de 95%. Le facteur de couverture à employer est 1,96, à savoir celui fourni par l'intervalle de confiance de 95% dans le cas de la distribution quasi normale type associée à la plupart des résultats de mesure.

Le Tableau 1 donne des directives pratiques pour l'établissement d'un bilan d'incertitude pour les mesures du champ électromagnétique.

Il peut y avoir d'autres incertitudes, qui ne sont pas indiquées dans la liste, et certaines des incertitudes énumérées peuvent ne pas être présentes ou significatives dans l'évaluation globale.

**Tableau 1 – Evaluation de l'incertitude**

Sources d'erreur	Description	Valeur de l'incertitude en % $uv_i$	Distribution de probabilité	Diviseur $k_i$	$c_i$	Incertitude type en % $u_i = uv_i/k_i$
<b>Equipement de mesure</b>						
Etalonnage	[EN 50383]		Normale	1 ou k	1	
Isotropie	[EN 50383]		Normale	1 ou k	1	
Linéarité	[EN 50383]		Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Dispositif de mesure			Normale	1 ou k	1	
Bruit			Normale	1	1	
Défaut de concordance	[EN 50383]		Forme en "U"	$\sqrt{2}$	1	
Influence de la température et de l'humidité sur l'équipement de mesure	[EN 50383]		Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
<b>Paramètres environnementaux</b>						
Perturbation due à l'environnement			Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Influence du corps	[EN 50492]		Rectangulaire			
<b>Post-traitement</b>						
Etablissement de la moyenne spatiale	[EN 50492]		Rectangulaire	$\sqrt{3}$	1	
Incertitude type cumulée			$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
Incertitude élargie (intervalle de confiance de 95%)			Normale			$u_e = 1,96 \cdot u_c$

## 10 Rapport sur les résultats des mesures

Comme indiqué dans l'introduction, il est aussi important d'effectuer les mesures que d'assurer une bonne communication des résultats, afin de dissiper les préoccupations du public concernant les rayonnements électromagnétiques.

En conséquence, lorsqu'on communique les résultats des mesures effectuées, il convient de prendre en considération les aspects suivants:

- **Caractère compréhensible:** les résultats doivent être clairs et compréhensibles pour le grand public et il faut éviter de trop entrer dans les détails techniques. Il est important de présenter les résultats par rapport aux valeurs limites applicables.
- **Accessibilité:** il convient de publier les résultats sur l'Internet et de faciliter l'accès à ces résultats pour le grand public, ce qui signifie qu'il doit être possible d'accéder au lien depuis des pages d'accueil, et non pas depuis les pages internes d'un site web auquel il est difficile d'avoir accès.

- Détails: Il convient de fournir toutes les informations possibles sur la manière dont les mesures sont effectuées, à savoir:
  - lieu où ont été effectuées les mesures (positionnement géographique sur une carte);
  - description du site de mesure;
  - date et heure;
  - description de la méthode de mesure: large bande, sélective en fréquence, durée moyenne, position de la sonde, etc.;
  - identification de l'équipement de mesure;
  - enregistrement des données relatives à l'étalonnage concernant les instruments utilisés;
  - personne ayant effectué l'évaluation;
  - date et lieu auxquels l'évaluation a été effectuée;
  - sources pertinentes prises en compte et paramètres associés;
  - valeur des paramètres utilisés lors de l'évaluation et hypothèses éventuelles formulées;
  - les résultats des mesures du ratio total d'exposition.

## Appendice I

### Liens vers les sites web officiels présentant les résultats de la surveillance des champs électromagnétiques

(Le présent appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

On trouvera à titre d'exemple dans les Tableaux I.1 et I.2 les liens vers les sites web officiels des organismes de régulation sur lesquels sont présentés les résultats de la surveillance des champs électromagnétiques. Le Tableau I.3 indique les liens vers les sites web officiels des organismes de régulation sur lesquels sont présentés les résultats de mesures des champs électromagnétiques.

**Tableau I.1 – Liens vers les sites web officiels présentant les résultats de la surveillance  
des champs électromagnétiques (gouvernements)**

Pays	Organisme	Site web	Coordonnées de la personne à contacter
Allemagne	Federal Network Agency	<a href="http://emf2.bundesnetzagentur.de/en_emf_mon.html">http://emf2.bundesnetzagentur.de/en_emf_mon.html</a>	Bundesnetzagentur Section 414 Postfach 80 01 D-55003 Mainz E-Mail: <a href="mailto:monitoring@bnetza.de">monitoring@bnetza.de</a>
Argentine	Federación Argentina de Municipios	<a href="http://www.satfam.org">http://www.satfam.org</a>	Paraná 145 piso 2 (C1017AAC) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentine Tel +541143728584 Coordonnateur: Rodolfo Adreani, <a href="mailto:radreani@satfam.org">radreani@satfam.org</a>
Espagne	Ministère de l'industrie, du tourisme et du commerce: Secrétariat d'Etat aux télécommunications et pour la société de l'information	<a href="http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx">http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx</a> <a href="http://www.infoantenas.es">http://www.infoantenas.es</a> (en cours de conception, sera mis en service prochainement)	Capitán Haya 41 28071 Madrid Espagne

**Tableau I.2 – Liens vers les sites web présentant les résultats de la surveillance  
des champs électromagnétiques (entreprises)**

Pays	Organisme	Site web	Coordonnées de la personne à contacter
Egypte	Projet HORUS	<a href="http://www.projecthorus.com/emf/Default.aspx">http://www.projecthorus.com/emf/Default.aspx</a>	
Grèce	Programme HERMES	<a href="http://www.hermes-program.gr/en/main">http://www.hermes-program.gr/en/main</a>	

**Tableau I.3 – Liens vers les sites web officiels présentant les résultats des mesures des champs électromagnétiques**

<b>Pays</b>	<b>Organisme</b>	<b>Site web</b>	<b>Coordonnées de la personne à contacter</b>
Brésil	ANATEL	<a href="http://sistemas.anatel.gov.br/sigwebmaprni/index.zul">http://sistemas.anatel.gov.br/sigwebmaprni/index.zul</a>	Maximiliano S. Martinhão (Deputy Responsible)/Marcos de Souza Oliveira maximiliano@anatel.gov.br/ <a href="mailto:marcoss@anatel.gov.br">marcoss@anatel.gov.br</a> National Telecommunication Agency SAUS Q. 6 Bloco H 4º Andar Brasilia – DF – Brésil Zip Code 70070-940
France	Agence Nationale des Fréquences	<a href="http://www.cartoradio.fr/netenmap.php?cmd=zoomfull">http://www.cartoradio.fr/netenmap.php?cmd=zoomfull</a>	
Italie	Monitoraggio Campi Elettromagnetici	<a href="http://www.monitoraggio.fub.it/">http://www.monitoraggio.fub.it/</a>	
Espagne	Ministère de l'industrie, du tourisme et du commerce: Secrétariat d'Etat aux télécommunications et pour la société de l'information	<a href="http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx">http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx</a> <a href="http://www.infoantenas.es">http://www.infoantenas.es</a> ( <i>en cours de conception, sera mis en service prochainement</i> )	Capitán Haya 41 28071 Madrid Espagne







## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
<b>Série K</b>	<b>Protection contre les perturbations</b>
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Terminaux et méthodes d'évaluation subjectives et objectives
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication