

RECOMMANDATION UIT-R SM.1708

**Mesures du champ le long d'un trajet, avec enregistrements
des coordonnées géographiques**

(Questions UIT-R 214/1 et UIT-R 215/1)

(2005)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le nombre de réseaux mobiles utilisant des types de modulation et des techniques d'accès différents est en augmentation;
- b) que, pour des raisons d'efficacité d'utilisation du spectre, les administrations ont besoin de connaître la couverture radioélectrique qu'assurent leurs réseaux;
- c) que les prévisions du champ doivent être étayées par des mesures concrètes effectuées au niveau des stations de contrôle des émissions;
- d) que les mesures du champ effectuées par des unités mobiles sont parfois la seule solution pour déterminer la couverture radioélectrique d'une zone étendue;
- e) que les régulateurs devront peut-être vérifier la couverture assurée par un réseau compte tenu des prescriptions de licence;
- f) que les administrations utilisent différentes méthodes de mesure du champ à l'aide d'unités mobiles,

reconnaissant

- a) qu'il faut harmoniser les procédures de mesure pour que les résultats des mesures soient acceptables par les parties concernées,

recommande

- 1** d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 1 pour mesurer le champ des signaux à polarisation verticale le long d'un trajet.

Annexe 1

1 Généralités

Compte tenu de l'influence des conditions locales de réception, les valeurs réelles du champ peuvent s'écarter sensiblement des valeurs prévues. Elles doivent donc être vérifiées par des mesures afin de déterminer la valeur du champ sur une zone étendue.

Les résultats des essais doivent être consignés ainsi que les données relatives à leurs coordonnées géographiques, ce qui permettra de localiser les lieux des mesures et de cartographier les résultats qui ont été collectés sur les routes les plus accessibles de la zone en question.

Au lieu de mesurer la valeur effective du champ, il est parfois nécessaire de mesurer la tension en sortie d'une antenne d'utilisateur (l'antenne type pour le service étudié) pour évaluer la couverture radioélectrique.

Les réseaux numériques (GSM, DCS1800, et UMTS ou DAB, DVB-T) sont sensibles aux effets des réflexions des signaux reçus. En pareil cas, pour évaluer la qualité de fonctionnement du système, il faut mesurer non seulement le niveau du signal mais aussi la qualité à la réception (mesure du TEB ou de la réponse impulsionnelle du canal). En utilisant des communications établies automatiquement, il est possible d'effectuer ces mesures sur des réseaux numériques opérationnels sans aucun inconvénient.

Pour effectuer des mesures le long d'un trajet, la transmission doit être continue.

2 Résultats des mesures du champ effectuées à l'aide d'une unité mobile

Compte tenu des effets des signaux réfléchis, la valeur du champ le long d'un trajet varie fortement. Le résultat d'une mesure unique peut coïncider avec la valeur minimale ou la valeur maximale du signal réfléchi; il est par ailleurs influencé par la hauteur de l'antenne de réception choisie, la saison, les conditions météorologiques, la végétation, l'humidité du milieu environnant, autant d'éléments qui peuvent fausser ce résultat.

Compte tenu de ce qui précède, on peut, par des moyens statistiques, obtenir des résultats reproductibles à partir d'un grand nombre de relevés de données brutes.

3 Calcul du champ

Si l'on connaît la tension en sortie de l'antenne (mesurée habituellement en dB(μ V)), le facteur d'antenne et l'affaiblissement sur le trajet du signal de l'antenne, on peut calculer la valeur du champ à l'aide de l'équation suivante:

$$e = v_o + k + a_c$$

où:

- e : composante champ électrique (dB(μ V/m))
- v_o : tension en sortie de l'antenne (dB(μ V))
- k : facteur d'antenne (dB(m^{-1}))
- a_c : affaiblissement sur le trajet du signal de l'antenne (dB).

Si l'on utilise certains récepteurs de mesure, il est possible de lire la valeur du champ directement en dB(μ V/m) en entrant dans la mémoire du récepteur le facteur d'antenne et l'affaiblissement du signal sur le trajet.

4 Antennes de mesure

Pour les mesures, la hauteur de l'antenne qui a été retenue est de 1,5 à 3 m. On considérera que le résultat correspond à une hauteur d'antenne de 3 m.

5 Réglage du récepteur de mesure

5.1 Dynamique

La dynamique du récepteur de mesure devrait être ≥ 60 dB.

5.2 Fonctions et largeurs de bande du détecteur pour les différents types de signal

La largeur de bande du récepteur devrait être suffisamment grande pour que ce récepteur puisse recevoir le signal comprenant les parties essentielles du spectre de modulation. Le type de détecteur devrait être choisi en fonction des caractéristiques et du mode de modulation du signal de mesure.

Exemple de types de signal	Largeur de bande minimale (kHz)	Fonction du détecteur
Double bande latérale en MA	9 ou 10	Moyenne linéaire
Bande latérale unique en MA	2,4	Valeur de crête
Signal de radiodiffusion en MF	170 ou plus	Moyenne linéaire (ou logarithmique)
Porteuse de télévision	200 ou plus	Valeur de crête
Signal GSM	300	Valeur quadratique
Signal DAB	1 500	
Signal DVB-T Systèmes: 6 MHz 7 MHz 8 MHz	6 000 7 000 8 000	
Signal TETRA	30	
Signal UMTS	3 840	
Signal radio en MF à bande étroite Espacement des canaux: 12,5 kHz	7,5	
	20 kHz	Moyenne linéaire (ou logarithmique)
	25 kHz	Moyenne linéaire (ou logarithmique)

GSM: Système mondial pour communications mobiles

DAB: Radiodiffusion audionumérique

DVB-T: Radiodiffusion vidéo numérique de Terre

TETRA: Système de radiocommunication de Terre à ressources partagées

UMTS: Système de télécommunications mobiles universelles, technique particulière de la famille des systèmes IMT-2000.

6 Vitesse du véhicule

La vitesse du véhicule (V) doit être adaptée à la longueur d'onde, au nombre de signaux testés mesurés simultanément sur des fréquences différentes et à l'intervalle de mesure le plus court applicable du récepteur de mesure:

$$V \text{ (km/h)} \leq \frac{864}{f \text{ (MHz)} \times t_r \text{ (s)}}$$

où t_r est le laps de temps minimal, indiqué dans les spécifications du récepteur, qui doit s'écouler avant que le récepteur ne revienne sur la même fréquence.

7 Nombre de points de mesure nécessaire et intervalle de calcul de la moyenne

Pour une évaluation statistique (méthode de Lee)* le nombre de points de mesure devrait être tel que les résultats fassent apparaître la lente variation du champ (effets des évanouissements à long terme) et également plus ou moins la spécificité locale (instantanée) (effets des évanouissements à court terme) de la distribution du champ.

Pour obtenir un intervalle de confiance de 1 dB autour de la valeur moyenne réelle, les échantillons de points de mesure doivent être espacés de $0,8 \lambda$ (longueur d'onde) sur un intervalle d'établissement de la moyenne égal à 40 longueurs d'onde (50 valeurs mesurées sur cet intervalle).

8 Systèmes de navigation et de positionnement

8.1 Système de navigation à l'estime

La distance depuis le point de départ est évaluée à l'aide d'un capteur distance-impulsion fixé sur une roue non motrice du véhicule de test. Le gyroscope mécanique donne les informations de cap. La précision de localisation dépend de la précision du point de départ et de la distance couverte par le véhicule de test.

8.2 Systèmes de type mondial de repérage (GPS)

La précision des données de position des systèmes de type GPS disponibles dans le commerce n'est que de quelques mètres. Elle est moins bonne dans les tunnels, les rues étroites ou les vallées. Ce sont toutefois les systèmes préférés pour les mesures du champ.

La précision des systèmes GPS classiques est tout à fait suffisante pour déterminer la couverture d'une station de radiodiffusion télévisuelle ou sonore.

Les mesures pour un système numérique à microcellules en zone urbaine exigent une précision de positionnement de plusieurs mètres.

8.3 Système de navigation complexe

Ce système est une combinaison des systèmes susmentionnés. Ne nécessitant pas l'intervention manuelle d'un opérateur, les systèmes de navigation fournissent en permanence des données de position et de temps ainsi que des informations de cap et de direction.

9 Collecte et traitement des données

Les méthodes de mesure ou d'évaluation ci-après permettent d'obtenir une valeur moyenne, une valeur crête maximale ou minimale, une évaluation statistique ou une probabilité de dépassement de niveau.

9.1 Collecte des résultats des mesures sans réduction du volume de données (données de champ brutes)

Compte tenu des variations des effets des évanouissements et de la réflexion, le résultat d'une seule mesure n'est pas reproductible et ne peut donc pas représenter directement la valeur du champ en un point de mesure. Les données brutes peuvent être traitées plus avant si on le souhaite (voir les § 9.2.1 et § 9.2.2).

* M. William C.Y. Lee «Mobile communications design fundamentals» ISBN numéro: 0-471-57446-5.

9.2 Collecte des résultats des mesures avec réduction du volume de données

Grâce à un traitement statistique, cette méthode permet de réduire considérablement le volume de données brutes collectées.

9.2.1 Valeurs moyennées

Certains récepteurs de mesure peuvent classer les résultats sur des intervalles préalablement définis par l'utilisateur. Ce dernier peut choisir les intervalles d'évaluation jusqu'à environ 10 000 échantillons mesurés mais chaque intervalle doit contenir au moins 100 valeurs.

Seules les valeurs moyennes arithmétiques, du nombre préalablement défini de résultats de mesure, sont stockées sur le disque dur et portées sur la carte définitive de la couverture radioélectrique.

9.2.2 Classification des résultats en fonction de la probabilité de dépassement de niveau

Pendant les mesures, les résultats sont classés en fonction de la probabilité de dépassement, entre 1 et 99%. Ces pourcentages représentent la probabilité de dépassement de la valeur du champ considérée. Les valeurs types sont 1, 10, 50, 90 et 99%. La valeur médiane, 50%, est préférée pour les études de propagation.

Il faut quelques millisecondes au récepteur pour effectuer la classification; pendant ce temps, les impulsions de déclenchement sont donc ignorées et aucune nouvelle mesure n'est faite.

10 Présentation des données

On peut utiliser une unité de traitement avec le moniteur intégré, l'écran couleur d'un ordinateur PC externe, une imprimante ou un traceur pour représenter les données.

10.1 Représentation des données brutes sous forme de tableaux

Avantage: donne des informations détaillées sur les effets des évanouissements locaux. Les résultats peuvent être convertis, par un procédé mathématique ou statistique, en résultats faciles à lire.

Inconvénient: trop gros volume de données. Résultats cas par cas non reproductibles.

10.2 Tracé d'une courbe en coordonnées cartésiennes

Les données du champ traitées sont représentées graphiquement sous forme d'une courbe en coordonnées cartésiennes en fonction de la distance, avec indication des valeurs médianes calculées.

Avantage: on a ainsi un résultat rapide, facile à lire pour ce qui est de la distribution et des emplacements, pour des valeurs inférieures à un niveau seuil donné du champ.

Inconvénient: il est difficile d'associer les résultats aux lieux exacts des mesures.

10.3 Cartographie

Une courbe multicolore est affichée pour représenter les niveaux du champ étudiés (par exemple avec une échelle de 10 dB(μ V/m)) ou les probabilités de dépassement de niveau (entre 1 et 99%) sur la carte routière.

L'échelle de la carte devrait être adaptée aux dimensions de la zone couverte par le signal radioélectrique étudié et à la résolution requise pour les résultats du champ étudiés. Selon l'échelle de la carte, les intervalles représentés peuvent inclure des multiples des intervalles sur lesquels les

moyennes ont été établies. La résolution du résultat présenté devrait être choisie de façon à pouvoir représenter les particularités locales sans que la courbe comporte trop de couleurs.

S'il faut représenter les intervalles de calcul de la moyenne avec une résolution supérieure (par exemple pour représenter les résultats dans des microcellules), le système devrait pouvoir zoomer la carte.

Si, pendant les mesures, deux séries de données sont enregistrées simultanément (par exemple le champ et le TEB), il est pratique de les représenter ensemble par deux courbes colorées parallèles le long des trajets tracés sur la carte.

Avantage: les résultats peuvent être associés au lieu exact des mesures. Les résultats sur la distribution qui ont été obtenus pour des valeurs inférieures à un niveau seuil donné du champ sont rapides et faciles à lire.

Inconvénient: la résolution de l'intervalle sur lequel la courbe a été tracée peut être supérieure à celle de l'intervalle étudié. Elle peut donc masquer les caractéristiques locales du champ.
