

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R SM.1875

(04/2010)

**Mesures de la couverture DVB-T et
vérification des critères de planification**

Série SM

Gestion du spectre



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2012

© UIT 2012

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.

RECOMMANDATION UIT-R SM.1875*

**Mesures de la couverture DVB-T et vérification
des critères de planification**

(2010)

Champ d'application

La présente Recommandation décrit des méthodes de mesure de la couverture DVB-T et leur évaluation.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que l'Accord GE06 définit les conditions de réception, les rapports signal sur bruit nécessaires et les valeurs minimales du champ de référence pour la réception de la DVB-T;
- b) que les services de contrôle doivent mesurer la couverture des émetteurs et réseaux DVB-T pour vérifier qu'elle correspond aux prévisions utilisées au cours du processus de planification ou pour déterminer la condition de réception à un emplacement dans lequel des brouillages ont été signalés,

recommande

que la méthode décrite dans l'Annexe 1 soit utilisée en même temps que les corrections indiquées dans l'Annexe 2 pour les mesures de la couverture DVB-T et la vérification des critères de planification.

Annexe 1**1 Introduction**

Les services de contrôle doivent mesurer la couverture des réseaux de radiodiffusion à différentes fins:

- Pour vérifier les prévisions des outils informatiques utilisés pour la planification du réseau.
- Pour vérifier que les termes de la licence de radiodiffusion sont respectés si certaines clauses de cette licence exigent que le service de radiodiffusion assure la couverture d'une zone donnée, d'un certain pourcentage d'une zone ou d'un certain pourcentage de la population.
- Pour déterminer les conditions de réception à certains emplacements dans lesquels des brouillages ont été signalés.

* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2011, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1-5 et en 2012, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

En raison de certaines circonstances et de certains principes inhérents à la réception des signaux de systèmes à modulation numérique, la couverture des réseaux de télévision numérique par voie hertzienne de Terre doit faire l'objet de mesures différentes de celles qui sont utilisées pour les réseaux analogiques.

La présente Recommandation décrit les principes et la procédure à appliquer, ainsi que l'équipement à utiliser pour mesurer la couverture fixe et mobile des émetteurs et réseaux DVB-T. Une grande partie des renseignements fournis s'applique toutefois également aux mesures d'autres systèmes de radiodiffusion numérique de Terre.

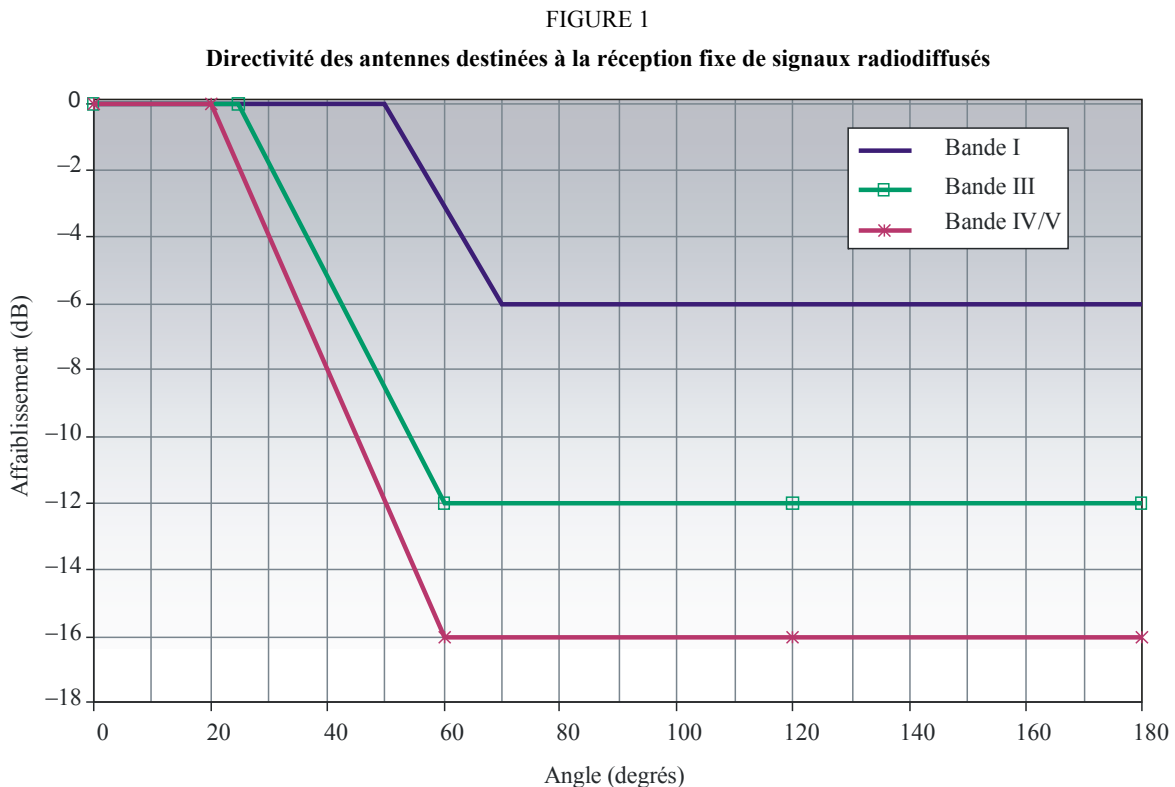
Les mesures de la qualité de service (QoS) et celles qui sont destinées à vérifier les paramètres techniques de l'émetteur ne sont pas traitées dans la présente Recommandation.

2 Termes et définitions aux fins de la présente Recommandation

Les termes et définitions ci-après sont utilisés tout au long de la présente Recommandation. Dans le cas de termes et expressions généralement connus, leurs définitions sont interprétées et affinées de manière à s'appliquer uniquement, tout au long de la présente Recommandation, aux questions de couverture liées au système DVB-T.

2.1 Diagramme d'antenne pour la réception fixe

Le diagramme d'antenne montre le niveau de sortie relatif d'une antenne lorsque le signal est reçu sous des angles différents. La Recommandation UIT-R BT.419 définit la directivité d'une antenne de référence utilisée pour la réception fixe de signaux radiodiffusés, telle qu'illustrée à la Fig.1. Pour reproduire les conditions réelles de réception de l'installation d'un client, les mesures de la couverture fixe devraient être effectuées à l'aide d'une antenne de mesure présentant la même directivité.



Les mesures de la couverture mobile devraient être effectuées à l'aide d'antennes de mesure équidirectives. L'affaiblissement relatif maximal dans n'importe quelle direction est de ± 3 dB.

2.2 Facteur d'antenne

Le facteur d'antenne est utilisé pour calculer le champ à partir du niveau de sortie de l'antenne. Ce champ étant généralement exprimé en dB, il est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$E = U + K \quad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

où:

E : champ électrique au niveau de l'antenne (dB($\mu\text{V/m}$))

U : tension mesurée à la sortie de l'antenne (dB(μV))

K : facteur d'antenne (dB(1/m)).

Le facteur d'antenne dépend de la fréquence et du gain et est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$K = 20 \text{ Log}(f) - G_i - 29.774 \text{ (pour des systèmes de } 50 \text{ ohms)}$$

où:

f : fréquence (MHz)

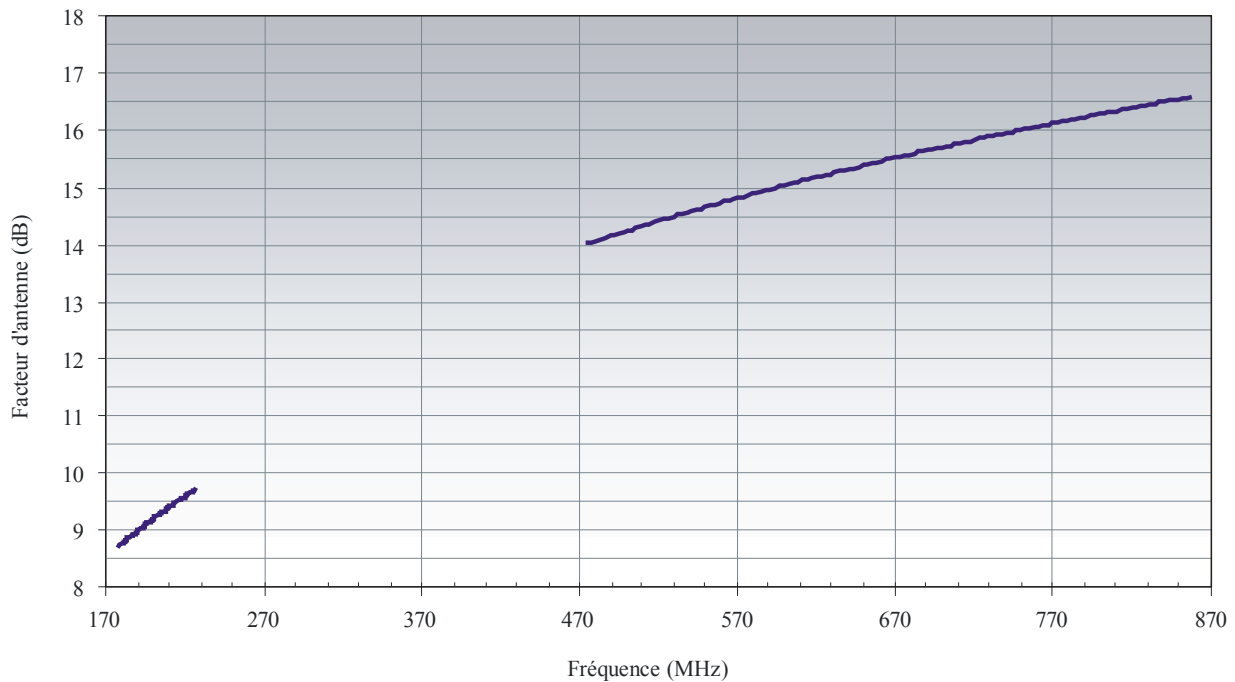
G_i : gain de l'antenne par rapport à l'antenne isotrope (dB)

K : facteur d'antenne (dB(1/m)).

La Fig. 2 présente le facteur d'antenne de l'antenne de référence utilisée pour la réception fixe de signaux radiodiffusés, conformément à la Recommandation UIT-R BT.419, dans la direction du faisceau principal, qui est identique à celui de l'antenne utilisée pour les mesures de la réception fixe.

FIGURE 2

Facteur d'antenne pour la réception fixe de signaux radiodiffusés



SM.1875-02

2.3 Zone d'assignation

Une zone d'assignation est une zone de couverture desservie par un ou plusieurs émetteurs dont on connaît tous les paramètres nécessaires au processus de planification, tels que la puissance d'émission et la hauteur et la directivité de l'antenne. La zone d'assignation est limitée par les brouillages causés par des sources extérieures à cette zone.

2.4 Taux d'erreur binaire

Le taux d'erreur binaire (TEB) est généralement obtenu en divisant le nombre de bits erronés par le nombre total de bits transmis au cours d'un intervalle de temps donné. Il permet d'évaluer la qualité d'un signal numérique reçu. Etant donné que la radiodiffusion vidéonumérique de Terre utilise une protection interne et externe contre les erreurs, il est possible de déterminer le TEB après le décodeur de Viterbi et après celui de Reed-Solomon hors émission.

Un TEB de 10^{-4} mesuré après le décodeur Viterbi est jugé suffisant pour la radiodiffusion DVB-T en mode réception.

2.5 Rapport porteuse/bruit (C/N)

Voir à rapport de protection.

2.6 Le terme «couverte»

Une zone donnée est considérée comme étant «couverte» par un système DVB-T lorsque la valeur du champ médian obtenue dans les conditions de réception propres à cette zone, à une hauteur au-dessus du sol spécifiée (souvent de 10 m), et celle du rapport de protection sont égales ou supérieures aux valeurs indiquées dans les documents de planification pertinents (l'Accord GE06, par exemple).

La détermination d'une zone donnée dont il faudra ou non assurer la couverture est obtenue à l'issue d'un processus de calcul effectué au moyen d'un outil de prévision de couverture qui repose sur des conditions et/ou des valeurs hypothétiques définies pour:

- la condition de réception (par exemple, réception fixe ou portable);
- l'affaiblissement du champ avec la distance, dû à la topographie et à la morphologie;
- le modèle de récepteur (par exemple, sensibilité et sélectivité);
- l'antenne de réception (hauteur, gain et directivité);
- le canal de réception (gaussien, de Rice ou de Rayleigh).

A l'attribut «couverte» est associée une certaine probabilité en matière de temps et de couverture des emplacements. La zone de couverture est calculée à l'aide d'outils de planification en fonction de cette probabilité (par exemple, 50% du temps et 50% des emplacements).

On ne peut donc partir du principe que la réception de la DVB-T est possible avec un récepteur grand public à chaque emplacement individuel situé à l'intérieur de la zone définie comme étant couverte.

Il n'est pas possible de vérifier la couverture au moyen d'un récepteur DVB-T grand public uniquement en cherchant à savoir si ce récepteur fonctionne à un certain emplacement. Il faut, au lieu de cela, mesurer des paramètres techniques tels que le champ, de préférence dans les mêmes conditions de réception que celles qui ont été retenues dans l'outil de planification.

2.7 L'expression «réception possible»

La réception de la DVB-T est considérée comme étant possible si, à un emplacement donné, un récepteur grand public est capable de corriger (presque) toutes les erreurs 99% du temps et produire une image. Le TEB mesuré après le décodeur Viterbi devrait être inférieur à $2 \cdot 10^{-4}$.

Le champ qui est réellement nécessaire pour que les signaux DVB-T soit reçus de manière satisfaisante dépend des facteurs suivants:

- la variante du système DVB-T;
- la performance du récepteur;
- le gain de l'antenne;
- le type de canal de réception (gaussien, de Rice ou de Rayleigh).

On peut vérifier si la réception est possible d'une manière générale en mesurant les paramètres suivants:

- le champ médian des signaux reçus;
- le champ médian des signaux brouilleurs;
- le type de canal de réception.

On peut effectuer, en variante, un essai de réception avec un récepteur DVB-T grand public. L'expérience acquise au cours de tels essais montre que, pour la réception portable, des valeurs de champ supérieures aux valeurs médianes indiquées dans les accords pertinents sont parfois nécessaires.

2.8 Prévision de couverture

La prévision de couverture est une procédure à suivre pour calculer la zone géographique à l'intérieur de laquelle la réception du service est possible. Elle repose sur les paramètres de l'émetteur, le terrain et des modèles de propagation, et est effectuée à l'aide d'outils informatiques. Elle permet d'obtenir un emplacement défini et une probabilité temporelle.

Dans l'Accord GE06, les valeurs minimales du champ qui doivent être atteintes, en limite de couverture, pour la radiodiffusion DVB-T, sont valables à 10 m au-dessus du niveau du sol et supposent le recours à une antenne de réception directive fixe conforme aux Fig. 1 et 2. Il s'agit de médianes des valeurs du champ minimal équivalent, qui dépendent de la variante du système et du canal de réception.

2.9 Facteur de crête

Le facteur de crête est le rapport entre la valeur de la puissance de crête et celle de la puissance efficace d'une émission RF. Il est généralement exprimé en dB et représente alors la différence entre la valeur de crête et la valeur quadratique moyenne du niveau (dB).

2.10 Intervalle de garde

Pour utiliser toutes les composantes du signal entrant résultant de réflexions ou d'émissions dans le même canal qui atteignent le récepteur à des instants différents et pour éviter le brouillage de deux symboles subséquents, chaque symbole est émis plus longuement que cela n'est nécessaire pour décoder le signal. Ce temps supplémentaire est désigné «intervalle de garde». Le processus de décodage proprement dit, effectué à l'intérieur du récepteur, peut démarrer une fois l'intervalle de garde écoulé. La durée de l'intervalle de garde dépend de la variante du système et de la distance maximale entre émetteurs voisins dans un réseau monofréquence (SFN).

2.11 Affaiblissement dû à la hauteur

L'affaiblissement dû à la hauteur est la différence entre le champ à 10 m au-dessus du sol (valeur de référence utilisée pour la planification de la radiodiffusion DVB-T) et le champ reçu par une antenne plus proche du sol (par exemple, 1,5 m pour la réception portable). Sa valeur est statistique.

2.12 Champ brouilleur

Le champ brouilleur est produit par des signaux émis sur la même fréquence par des émetteurs qui ne font pas partie du réseau monofréquence (SFN) ou sont différents de l'émetteur faisant l'objet de l'étude, par des signaux provenant d'émetteurs fonctionnant sur des canaux voisins et par des signaux provenant d'émetteurs du réseau SFN à l'étude qui sont reçus en dehors de l'intervalle de garde. Ce champ est le résultat de la somme vectorielle de la composante du signal reçue directement du brouilleur et des réflexions causées par des obstacles présents sur le terrain. Il varie en fonction de l'emplacement du récepteur et, les obstacles causant les réflexions n'étant pas forcément stationnaires, il varie également en fonction du temps. Le champ brouilleur réel à l'intérieur d'une zone donnée ne peut donc être décrit statistiquement que par une valeur médiane et un écart type.

Il peut être difficile de mesurer le champ brouilleur, surtout si son niveau est bien inférieur à celui du signal utile et si les signaux reçus du brouilleur et de l'émetteur utile proviennent de la même direction. Il est possible d'améliorer les conditions dans lesquelles le champ brouilleur est mesuré:

- en utilisant une antenne de mesure très directive et en modifiant l'azimut pour séparer le signal utile du signal brouilleur;
- en mesurant un signal émis sur une fréquence différente depuis le même emplacement que celui qu'occupe l'émetteur brouilleur. Il faudra peut-être, en pareil cas, appliquer des corrections pour tenir compte de l'affaiblissement différent subi par des fréquences différentes et des puissances différentes auxquelles est émise la fréquence utilisée pour les mesures;
- en mettant l'émetteur ou le réseau SFN utiles hors circuit au cours de la mesure.

Lorsque le champ du signal brouilleur est inférieur de plus de 30 dB au champ utile, son influence sur la réception du signal de l'émetteur ou du réseau SFN utile peut ne pas être prise en considération.

2.13 Médiane

La médiane est calculée à partir du total d'un grand nombre d'échantillons (par exemple, une série de champs mesurés) choisis de manière à ce que 50% d'entre eux aient une valeur supérieure et les 50% restants une valeur inférieure à la valeur médiane. La médiane est une valeur statistique, qui spécifie une confiance ou une probabilité de 50%.

Exemple: Le champ est mesuré à 100 emplacements à l'intérieur d'une zone donnée. La médiane de toutes les valeurs des mesures est 42 dB(μ V/m), ce qui signifie que la probabilité qu'à un emplacement quelconque de cette zone, le champ réel soit au moins égal à 42 dB(μ V/m) est de 50%.

Il est avantageux d'utiliser la médiane pour exprimer le champ statistiquement car les valeurs isolées très éloignées n'influencent pas autant sur le résultat que les valeurs moyennes.

2.14 Valeur du champ médian minimal (E_{med})

Il s'agit du champ médian calculé pour un certain pourcentage d'emplacements à l'intérieur d'une zone de réception. Dans des textes de planification pertinents, tels que l'Accord GE06, les valeurs du champ médian minimal nécessaire à la réception de la DVB-T sont données pour une hauteur de 10 m au-dessus du sol et une probabilité de couverture des emplacements de 50%. Ces valeurs sont indiquées pour chaque variante de système.

Non corrigées, ces valeurs représentent uniquement le scénario de la réception fixe. Pour la réception portable, des facteurs de correction doivent être appliqués, qui tiennent compte des différences de hauteur et de gains d'antenne, de niveau de probabilité requis en matière de temps et de couverture des emplacements, et d'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (le cas échéant).

La planification des réseaux garantit que le champ minimal utile est atteint, au moins théoriquement, pour l'ensemble de la zone de couverture, suivant la puissance rayonnée par l'émetteur, la hauteur de l'antenne d'émission et la topographie du terrain.

2.15 MFN

MFN est l'abréviation de «réseau multifréquence», c'est-à-dire un réseau dont chaque émetteur fonctionne, à l'intérieur de la zone de couverture, sur une fréquence différente.

2.16 Niveau minimal équivalent du signal

Le niveau minimal à l'entrée du récepteur qui est nécessaire pour décoder le signal utile est le rapport signal/bruit (SNR) minimal, lequel dépend du système, augmenté du facteur de bruit du récepteur. Le SNR minimal permet au récepteur de décoder le signal pratiquement sans erreur (QEF). Il dépend de la variante de système et du canal de réception. Le facteur de bruit suppose une certaine performance du récepteur et est défini comme étant de 7 dB pour un récepteur DVB-T grand public.

2.17 Champ utile minimal (équivalent) (E_{med})

Il s'agit du champ minimal d'un signal utile unique qui est nécessaire pour qu'un récepteur grand public puisse décoder ce signal pratiquement sans erreur en l'absence de tous signaux brouilleurs. Ce champ correspond au niveau minimal équivalent du signal à l'entrée du récepteur, augmenté du

facteur d'antenne, et est valable pour un emplacement de réception donné, c'est-à-dire sans corrections appliquées pour tenir compte de la probabilité en matière de temps et de couverture des emplacements.

2.18 Gain du réseau

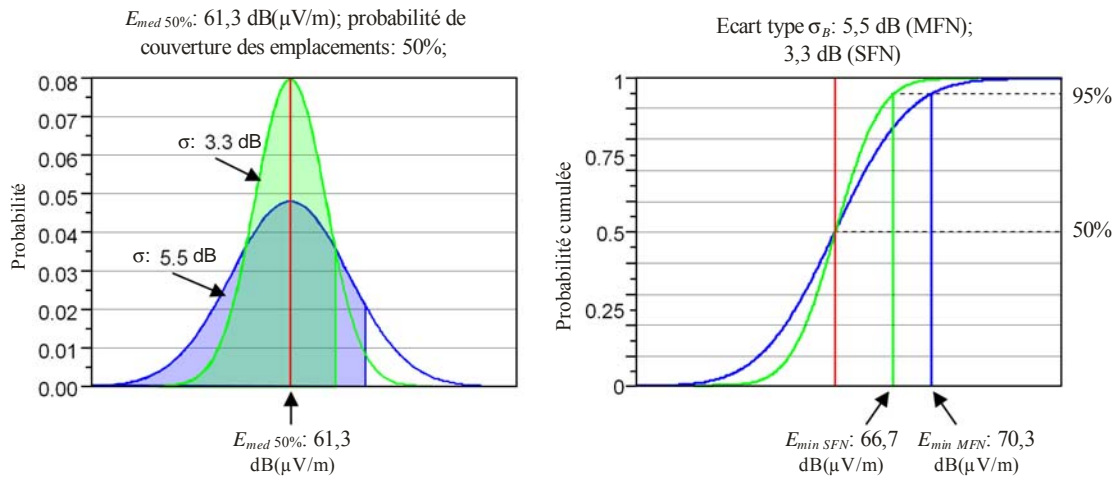
Si les signaux émis par de multiples émetteurs utiles à l'intérieur d'un réseau SFN peuvent être reçus pendant l'intervalle de garde, la qualité de la réception pourra être améliorée et le champ minimal requis de chaque émetteur, réduit. Le gain du réseau ne se mesure toutefois pas en additionnant les champs utiles émanant de tous les émetteurs acceptables. Il représente uniquement une probabilité accrue de recevoir un meilleur signal d'une direction supplémentaire plutôt que d'un seul émetteur.

Le gain du réseau est la différence entre le champ qui doit être reçu à l'intérieur d'un réseau SFN et celui qui doit être reçu à l'intérieur d'un réseau MFN pour assurer la même probabilité de couverture des emplacements.

Dans un réseau SFN, l'accroissement du nombre d'émetteurs permet une distribution plus homogène des valeurs de champ dans la zone de couverture. L'écart type, σ de ces valeurs est plus faible.

Exemple: Aux termes d'accords internationaux, la valeur du champ médian minimal, E_{med} , pour une variante de système particulière est 61,3 dB(μ V/m). Cette valeur s'applique, par définition, à une probabilité de couverture des emplacements de 50%. La valeur minimale du champ utile, E_{min} pour une probabilité de couverture des emplacements de 95% est 66,7 dB(μ V/m) dans un réseau SFN et 70,3 dB(μ V/m) dans un réseau MFN. Le gain du réseau est donc de 3,6 dB.

FIGURE 3
Gain du réseau



SM.1875-03

2.19 Rapport de protection

Le rapport de protection (C/I) est la différence entre le niveau du signal utile et le niveau total de tous les signaux non désirés, exprimée en décibels. Les rapports de protection requis pour la radiodiffusion DVB-T sont indiqués dans l'Accord GE06. Ils dépendent de la variante de système.

En l'absence de signaux brouilleurs, la seule source d'interférence est le bruit; le rapport C/I est alors égal au rapport porteuse/bruit (C/N).

2.20 Réception pratiquement sans erreur

Comme dans de nombreux systèmes numériques faisant appel à la correction d'erreur directe (CED), la réception est définie comme étant pratiquement sans erreur lorsqu'elle ne donne lieu qu'à une seule erreur non corrigée par heure. Pour les systèmes DVB-T, les TEB correspondants sont les suivants:

- $1 * 10^{-11}$ après le décodeur Reed-Solomon;
- $2 * 10^{-4}$ après le décodeur Viterbi.

Ces valeurs sont couramment utilisées dans des accords internationaux tels que l'Accord GE06.

2.21 Champ reçu

Le champ reçu est le résultat de la somme vectorielle de la composante du signal reçue directement et des réflexions causées par des obstacles présents sur le terrain. Il varie en fonction de l'emplacement du récepteur et, les obstacles qui causent les réflexions n'étant pas forcément stationnaires, il varie également en fonction du temps. Le champ réel reçu à l'intérieur d'une zone donnée ne peut donc être décrit statistiquement que par une valeur médiane et un écart type.

2.22 Scénarios de réception

Les scénarios de réception ci-après ont été définis pour la radiodiffusion DVB-T dans l'Accord GE06:

- Réception fixe (FX)
- Réception portable en extérieur (PO ou «portable de classe A»)
- Réception portable en intérieur (PI ou «portable de classe B»)
- Réception mobile (MO).

Le Tableau 1 présente certains des principaux paramètres et caractéristiques utilisés pour ces scénarios de réception.

TABLEAU 1

Scénarios de réception de la DVB-T et paramètres correspondants

	FX	PO	PI	MO
Emplacement du récepteur	A l'extérieur de bâtiments	A l'extérieur de bâtiments	A l'intérieur de bâtiments	Toits de voiture, en mouvement
Antenne, gain	Directive, 7 ... 12 dBi	Equidirective, -2,2 ... 0 dBi	Equidirective, -2,2 ... 0 dBi	Equidirective, -2,2 ... 0 dBi
Hauteur de l'antenne	10 m au-dessus du sol	1,5 m minimum au-dessus du sol	1,5 m au-dessus du rez-de-chaussée	1,5 m au-dessus du sol
Polarisation	Horizontale/verticale	Pas de découplage de polarisation	Pas de découplage de polarisation	Pas de découplage de polarisation
Affaiblissement le long du câble	2 ... 5 dB	0 dB	0 dB	0 dB

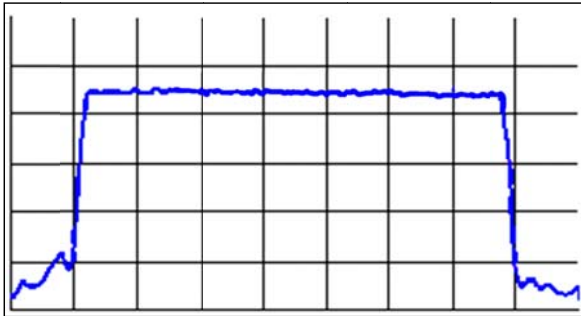
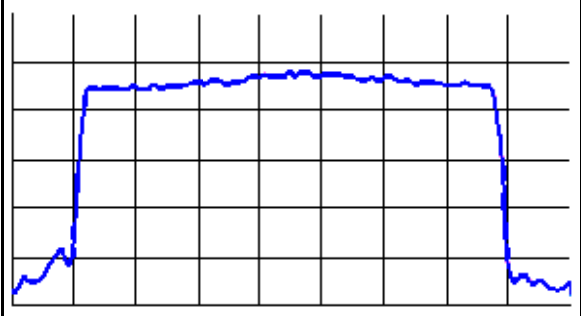
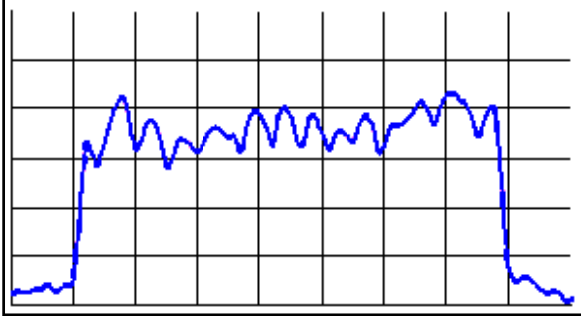
Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments	0 dB	0 dB	Ondes métriques: 9 dB Ondes décimétriques: 8 dB Ecart type: VHF 3 dB Ondes décimétriques: 5,5 dB	0 dB
--	------	------	---	------

2.23 Canal de réception

En raison des réflexions, de l'effet d'ombrage et de la réception de signaux provenant de multiples émetteurs d'un réseau SNF, les fréquences reçues peuvent être dégradées. Le niveau de cette dégradation détermine le canal de réception, comme spécifié au Tableau 2.

L'écart type des amplitudes spectrales σ_{sp} a une incidence sur le niveau minimal à l'entrée du récepteur qui est nécessaire pour décoder le signal DVB-T.

TABLEAU 2
Canaux de réception DVB-T

<p>Canal gaussien: Seul est reçu le signal provenant directement d'un émetteur en visibilité directe. Aucune réflexion, ni aucune émission dans le même canal n'est reçue. Le spectre du signal MROF est donc rectangulaire. L'écart type des amplitudes spectrales dans la largeur de bande, σ_{sp} se situe entre 0 et 1 dB.</p>	 <p>Le graphique montre un spectre rectangulaire idéal sur une grille. La courbe est plate à un niveau constant à l'intérieur de la bande passante, avec des pentes abruptes aux limites de la bande. Les niveaux de bruit sont très faibles.</p>
<p>Canal de Rice: Au signal reçu directement s'ajoutent plusieurs signaux de moindre amplitude émis dans le même canal, ainsi que des réflexions. Le spectre du signal MROF présente de légères variations d'amplitude en fonction de la fréquence. L'écart type des amplitudes spectrales dans la largeur de bande, σ_{sp} se situe entre 1 et 3 dB.</p>	 <p>Le graphique montre un spectre rectangulaire avec de légères variations d'amplitude à l'intérieur de la bande passante, indiquant la présence de réflexions et de signaux multiples.</p>
<p>Canal de Rayleigh: Le signal reçu est constitué uniquement de réflexions et de composantes provenant de divers émetteurs qui fonctionnent dans le même canal. Aucun signal dominant n'est reçu directement. Le spectre du signal MROF présente d'importantes distorsions. L'écart type des amplitudes spectrales dans la largeur de bande, σ_{sp} est supérieur à 3 dB.</p>	 <p>Le graphique montre un spectre rectangulaire avec de fortes variations d'amplitude à l'intérieur de la bande passante, indiquant une forte distorsion due à la multiplicité des réflexions et des émetteurs.</p>

Il est important de déterminer le type du canal de réception lors de la mesure du champ DVB-T car le champ minimal requis par les normes de planification dépend de ce canal. Les canaux de Rayleigh exigent la valeur de champ la plus élevée et les canaux gaussiens la valeur la moins élevée.

L'expérience montre qu'en pratique, dans la très grande majorité des cas, les conditions de réception correspondent à celles des canaux de Rice et de Rayleigh. Les canaux gaussiens sont très rares.

2.24 L'Accord GE06

Il s'agit de l'Accord régional et de ses annexes ainsi que des *Plans* associés, tels qu'établis par la Conférence régionale des radiocommunications de 2006 chargée de planifier le service de radiodiffusion numérique de Terre dans la Région 1 (parties de la Région 1 situées à l'ouest du méridien 170° E et au nord du parallèle 40° S, à l'exception du territoire de la Mongolie) et en République islamique d'Iran, dans les bandes de fréquences 174-230 MHz et 470-862 MHz (Genève, 2006) (l'Accord GE06).

2.25 Autobrouillage à l'intérieur d'un réseau SFN

Dans le contexte de la présente Recommandation, l'autobrouillage à l'intérieur d'un réseau SFN est la distorsion du signal reçu due au mélange de la composante du signal reçue directement et:

- des réflexions du signal provenant du même émetteur;
- de signaux provenant d'autres émetteurs fonctionnant sur la même fréquence et appartenant au même réseau SFN,

qui sont reçus en dehors de l'intervalle de garde.

2.26 Réseau monofréquence

Un réseau SFN est constitué d'au moins deux émetteurs synchronisés temporellement, qui transmettent le même contenu de programme. Le réseau SFN doit être planifié de manière à garantir que les signaux de tous les émetteurs qui y participent parviennent au récepteur de chacun des emplacements de réception de la zone de couverture de ce réseau pendant l'intervalle de garde. Le choix de la variante de système et de la distance maximale entre deux émetteurs voisins à l'intérieur du réseau SFN permet de garantir qu'il en sera ainsi.

2.27 Ecart type

L'écart type est un indicateur de la variance d'une série d'échantillons. Il représente l'écart moyen de tous les échantillons par rapport à la moyenne arithmétique et peut être calculé de la manière suivante:

Moyenne arithmétique:
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Ecart type:
$$\sigma = \sqrt{\frac{(P_1 - \mu)^2 + (P_2 - \mu)^2 + \dots + (P_n - \mu)^2}{n - 1}}$$

où:

$P_1 \dots P_n$: valeurs d'échantillons, par exemple, niveaux de signaux mesurés en unités linéaires (pas en dB(μ V) ou en dBm).

2.28 Ecart type des amplitudes spectrales (σ_{sp})

Voir à canal de réception.

2.29 Correction σ_{sp} (C_σ)

La valeur du rapport C/N nécessaire donnée dans des documents internationaux pertinents, tels que l'Accord GE06, dépend du canal de réception: les canaux de Rayleigh exigent un rapport porteuse/bruit élevé, les canaux de Rice un rapport moyen et les canaux gaussiens le rapport C/N le plus faible. Une valeur représentative du canal de réception est l'écart type des amplitudes spectrales sur toute la largeur de bande DVB-T (σ_{sp}). Eu égard aux textes internationaux, il est supposé, dans la présente Recommandation, que σ_{sp} a les valeurs suivantes:

TABLEAU 3

Ecart type des amplitudes spectrales (σ_{sp})

Canal de réception	σ_{sp}
Gaussien	$\sigma_{sp} \leq 1$ dB
De Rice	$1 \text{ dB} < \sigma_{sp} < 3$ dB
De Rayleigh	$\sigma_{sp} \geq 3$ dB

Or, la vraie valeur de σ_{sp} , obtenue en des points de mesure réels sera, la plupart du temps, différente de ces valeurs extrêmes. Elle se situe normalement entre 1 et 5 dB. Pour pouvoir comparer la valeur du champ mesurée à celles des textes internationaux, il est nécessaire de déterminer le canal de réception et σ_{sp} pour chaque mesure. Une valeur de correction C est soustraite de chaque valeur mesurée selon la formule suivante:

$$C_\sigma = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

Dans cette formule, les valeurs de $C/N_{Rayleigh}$ et de C/N_{Gauss} sont extraites des textes internationaux pertinents, tels que l'Accord GE06, pour la variante de système utilisée. Ce processus est désigné «correction σ_{sp} ».

La formule établit une interpolation linéaire entre les valeurs de σ_{sp} à la limite entre le canal gaussien et celui de Rice (1 dB) et entre le canal de Rice et celui de Rayleigh (3dB), et au-delà de ces valeurs. Suivant le canal de réception, la valeur de C_σ peut également être négative.

Les graphiques de l'Annexe 2 fournissent quelques exemples de valeurs de correction σ_{sp} .

2.30 Emetteur de substitution

Il s'agit d'un émetteur occupant le même emplacement que celui qui doit faire l'objet des mesures, mais fonctionnant sur une fréquence différente. L'émetteur de substitution peut être utilisé pour la mesure si l'émetteur d'origine n'a pas encore été mis en place ou si son signal est trop fortement brouillé par d'autres signaux non désirés. S'il n'existe aucun émetteur de substitution, on peut utiliser un émetteur d'essai installé uniquement aux fins des mesures.

2.31 Variante de système

Plusieurs paramètres du système DVB-T peuvent être ajustés en fonction des besoins de la planification du réseau. La série de paramètres sélectionnée détermine la variante de système. Les principales variables sont les suivantes:

- la largeur de bande en radiofréquence (par exemple, 7 ou 8 MHz);
- le nombre de sous-porteuses (2 k ou 8 k);
- la modulation par sous-porteuse (par exemple, MDPQ, MAQ-16, MAQ-64);
- le débit de codage (par exemple, 1/2, 2/3, 3/4);
- l'intervalle de garde (par exemple, 1/4, 1/8).

2.32 Champ utile

Le champ utile est le champ total reçu d'un émetteur ou d'un réseau utiles à un emplacement de réception quelconque. Lorsqu'on compare les valeurs de champ mesurées d'un réseau SFN aux valeurs de champ nécessaires, la valeur du champ utile peut être augmentée de la valeur du gain du réseau.

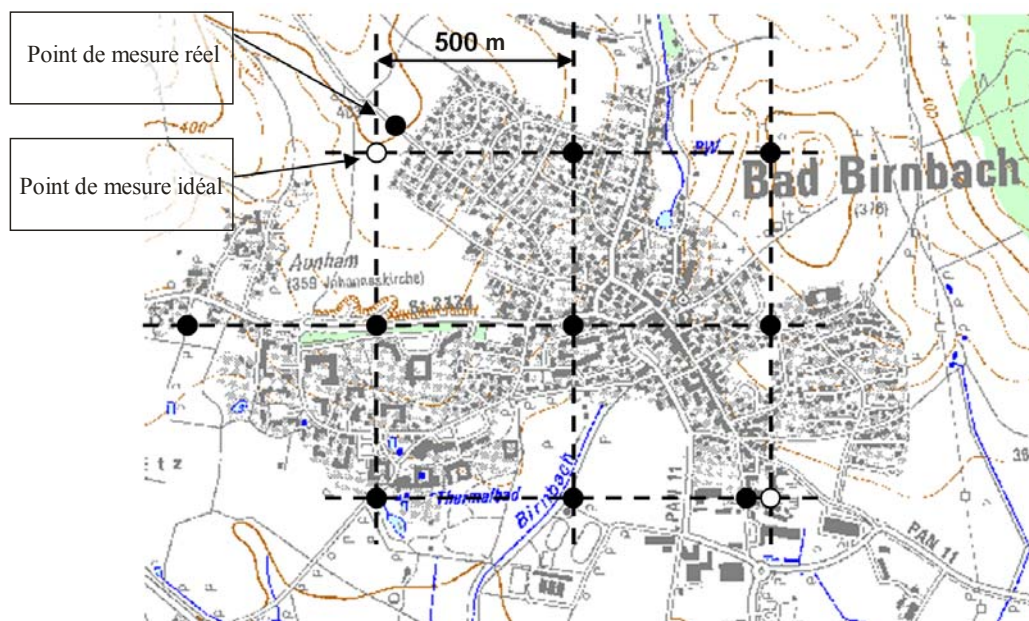
3 Méthodes de mesure

3.1 Vérification de la prévision de couverture pour la réception fixe

3.1.1 Choix des emplacements où effectuer les mesures

Pour déterminer avec exactitude la zone réellement couverte, des mesures devraient être effectuées pratiquement à tous les emplacements situés à l'intérieur de cette zone. Pour en maintenir la quantité à un niveau réaliste, ces mesures ne sont effectuées que dans un certain nombre d'emplacements. Pour déterminer ces emplacements, un quadrillage à mailles de 500 m est placé au-dessus des villes et villages proches de la limite de la zone de couverture prévue.

FIGURE 4
Points de mesure (réception fixe)



SM.1875-04

Parfois, il est impossible d'accéder au point de mesure idéal en raison de la présence de bâtiments, de l'absence de routes, ou à cause d'autres problèmes. Le point de mesure accessible le plus proche doit alors être choisi, de préférence dans un rayon de 50 m autour du point de mesure idéal. Si possible, il ne devrait pas y avoir, aux points de mesure réels, d'obstacles constitués par des bâtiments de plus de 10 m de haut. Si cette condition est irréalisable (notamment dans les grandes villes) et si des mesures ont été effectuées dans plus de trente autres emplacements de la zone, le point de mesure peut être abandonné. Autrement, il faut opter pour le meilleur compromis entre la distance du point de mesure idéal et une réception libre d'obstacles. L'abandon de ce point de mesure peut en résulter mais cet abandon rend compte de la situation réelle à laquelle l'utilisateur serait, lui aussi, confronté.

3.1.2 Equipement de mesure nécessaire

L'équipement nécessaire à l'évaluation des paramètres de planification de la radiodiffusion DVB-T en mode de réception fixe est le suivant:

TABLEAU 4

Equipement nécessaire à la vérification de la réception fixe de signaux DVB-T

	Type d'équipement	Fonctions requises, observations
Installation générale	Véhicule servant aux mesures	Mât d'antenne rotatif pouvant être déployé jusqu'à une hauteur de 10 m au-dessus du système de localisation au sol (par exemple, GPS)
Récepteur	Analyseur de spectre	Interface pour le transfert de données vers des ordinateurs (par exemple, LAN, IEEE488.2) Moyen permettant de mesurer la puissance dans le canal Détecteur à échantillonnage Fonction préférée: détecteur de valeur efficace

Antenne	Log périodique ou Yagi	Fixée au mât du véhicule servant aux mesures La polarisation doit pouvoir être horizontale ou verticale Le facteur d'antenne doit être connu (étalonné)
Contrôle des mesures	Programme d'ordinateur	Mise en mémoire des données du tracé fournies par l'analyseur de spectre Mise en mémoire des résultats des mesures de la puissance dans le canal Mise en mémoire des données fournies par le système de localisation Fonction préférée: Régler l'analyseur automatiquement et effectuer les mesures

3.1.3 Méthode de mesure

3.1.3.1 Signaux utiles

Le champ de tous les émetteurs utiles du réseau SFN qui contribuent à assurer la couverture, est mesuré à chaque point de mesure. On utilise, pour ce faire, une antenne de mesure directive placée à une hauteur de 10 m au-dessus du sol et orientée dans la direction vraie de l'émetteur utile (dans les réseaux SFN, séparément pour chaque émetteur utile). La polarisation de l'antenne de mesure doit être la même que celle qu'utilise l'antenne d'émission. Dans les réseaux SFN à polarisation mixte, le champ utile des positions horizontale et verticale doit être mesuré séparément. On utilise la valeur la plus élevée obtenue.

La valeur maximale du champ utile est ensuite mesurée en faisant tourner l'antenne directive sur 360°. La direction vraie de l'émetteur utile qui fournit le champ utile le plus élevé et la direction mesurée du champ utile maximal doivent être consignées.

3.1.3.2 Signaux brouilleurs

Si d'importants brouillages sont causés par des émetteurs fonctionnant sur le même canal ou sur un canal adjacent, le champ brouilleur est, lui aussi, mesuré en appliquant la méthode décrite plus haut. S'il n'est pas possible de séparer le signal utile du signal brouilleur ou si le signal provenant de l'émetteur utile est trop fort, cet émetteur devra peut-être être mis hors circuit au cours de la mesure, ou un émetteur de substitution devra être utilisé à sa place.

Si des signaux brouilleurs très forts sont reçus de plus d'un émetteur, le niveau de brouillage de chaque maximum doit être mesuré séparément en se servant de la directivité de l'antenne de mesure. Les résultats de chaque combinaison de signaux utile et brouilleur doivent être analysés séparément. Le point n'est couvert que si l'évaluation donne des résultats satisfaisants pour toutes les combinaisons.

Si l'on dispose d'un récepteur de mesure des signaux DVB-T, il est possible d'identifier plus facilement l'émetteur dont les signaux sont reçus en consultant l'identifiant de la cellule affiché, à condition que cet émetteur ne fasse pas partie du même réseau SFN.

Il est préférable d'effectuer la mesure elle-même au moyen d'un analyseur de spectre réglé de la manière suivante:

- Mode de mesure: puissance dans le canal
- Largeur de bande du canal: 7 MHz ou 8 MHz
- Bande passante de résolution: 30 kHz ou réglage automatique (pas supérieure à 100 kHz)
- Détecteur: de valeur efficace ou à échantillonnage

- Mode de tracé: en clair
- Temps de balayage: 0,5 ... 1 s.

Soixante mesures doivent être effectuées (60 échantillons prélevés) au cours d'une période d'une minute au moins et la valeur médiane de ces mesures doit être enregistrée en tant que résultat. Cette manière de procéder permet de réduire au minimum l'effet des perturbations électromagnétiques.

Etant donné que, dans l'Accord GE06, les valeurs minimales du champ pour la radiodiffusion DVB-T sont différentes selon qu'elles s'appliquent à un canal gaussien ou à un canal de Rice ou de Rayleigh, le canal de réception doit être déterminé à chaque emplacement de mesure. On enregistre, pour ce faire, un tracé du spectre du signal avec une bande passante de résolution faible et on calcule l'écart type, σ_{sp} des densités spectrales obtenues.

Cette mesure est effectuée en réglant l'analyseur de spectre de la manière suivante:

- Largeur de bande: 6,5 MHz (canal de 7 MHz) ou 7,6 MHz (canaux de 8 MHz)
- Bande passante de résolution: 30 kHz
- Détecteur: de valeur efficace (préféré) ou à échantillonnage (si un détecteur de valeur efficace n'est pas disponible)
- Mode de tracé: en clair (si un détecteur de valeur efficace est utilisé), moyenne de 200 balayages (si un détecteur à échantillonnage est utilisé)
- Temps de balayage: 2s (si un détecteur de valeur efficace est utilisé), 10 ms (si un détecteur à échantillonnage est utilisé).

La lenteur du balayage (ou la longueur de la période d'intégration) est nécessaire pour garantir que les niveaux spectraux obtenus ne sont pas influencés par la modulation du signal.

Le canal de réception doit être déterminé séparément pour chaque mesure de champ.

Suivant la valeur mesurée du champ utile et le canal de réception, la distance du prochain point de mesure peut varier comme indiqué au Tableau 5.

TABLEAU 5

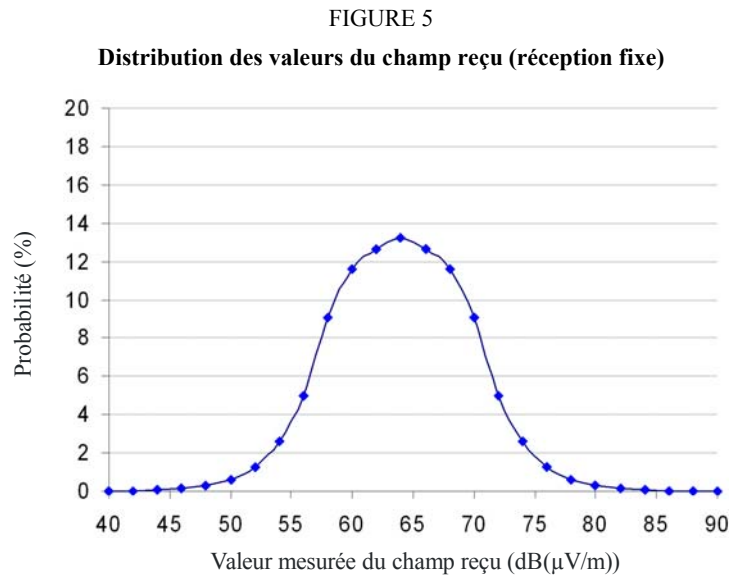
Distance entre points de mesure voisins

Canal de réception	Champ utile mesuré e (dB)	Distance du prochain point de mesure (m)
Gaussien ou de Rice	$e \geq E_{med} + 10$	1 000
Gaussien ou de Rice	$e < E_{med} + 10$	500 (standard)
De Rayleigh	(n'importe quelle valeur)	250

3.1.4 Analyse des résultats

3.1.4.1 Vérification de l'homogénéité de la distribution des valeurs de champ

Pour vérifier que les valeurs de champ à l'intérieur de la zone de mesure sont homogènes et que, suivant le canal de réception, un nombre suffisant d'échantillons de mesure a été prélevé, il est utile de représenter graphiquement la distribution statistique des valeurs de champ mesurées, de la manière indiquée à la Fig. 5. Le graphique montre le pourcentage des échantillons de mesure correspondant à une certaine valeur de champ (sur l'axe des ordonnées) par rapport à cette valeur (sur l'axe des abscisses).



SM.1875-05

Dans l'exemple fourni, 13% de tous les champs reçus mesurés ont une valeur de 64 dB(μV/m). La courbe est relativement étroite et gaussienne. On peut supposer, en pareil cas, que le champ est plutôt homogène à l'intérieur de la zone de mesure. Si la courbe est plate, large ou si elle ne ressemble pas à une distribution gaussienne, le champ est encombré et perturbé. Il est alors nécessaire d'effectuer des mesures supplémentaires au moyen d'un quadrillage à mailles de 250 m.

3.1.4.2 Correction pour le canal de réception

Comme indiqué au § 2.29, des valeurs différentes du rapport C/N et/ou des champs minimaux requis sont données dans des documents internationaux, tels que l'Accord GE06, en fonction du canal de réception. Ces canaux de réception sont idéalisés en ce sens que, par exemple, l'écart type, σ_{sp} du canal de Rayleigh est supposé être de 3 dB. Généralement, les signaux reçus appartiennent à différents canaux de réception. Pour obtenir une combinaison correcte des champs de ces signaux, une correction (C_{σ}) est ajoutée à toutes les valeurs des mesures, comme indiqué au § 2.29 et dans l'Annexe 2 (correction σ_{sp}). L'écart type de tous les champs mesurés est ainsi ramené à la valeur normalisée de 3 dB. Le résultat est alors comparé uniquement à la valeur du rapport porteuse/bruit et/ou à celle du champ médian minimal pour les canaux de Rayleigh dans les accords internationaux.

3.1.4.3 Correction pour la probabilité temporelle des signaux brouilleurs

Si d'importants signaux brouilleurs ont été reçus, les valeurs des mesures du champ brouilleur effectuées de manière aléatoire sont considérées comme ayant une probabilité temporelle de 50%. Pour s'assurer qu'une modification des conditions de propagation n'entraînera pas une augmentation sensible du champ brouilleur par rapport aux valeurs mesurées, ces valeurs doivent être corrigées afin de tenir compte d'une probabilité temporelle de 99%. La correction à appliquer peut être déterminée conformément à la Recommandation UIT-R P.1546.

3.1.4.4 Décision concernant la question de savoir si un point de mesure est ou non couvert

Le résultat obtenu en appliquant la correction σ_{sp} doit être évalué séparément pour chaque emplacement de mesure. Les cas ci-après sont possibles et doivent être distingués les uns des autres:

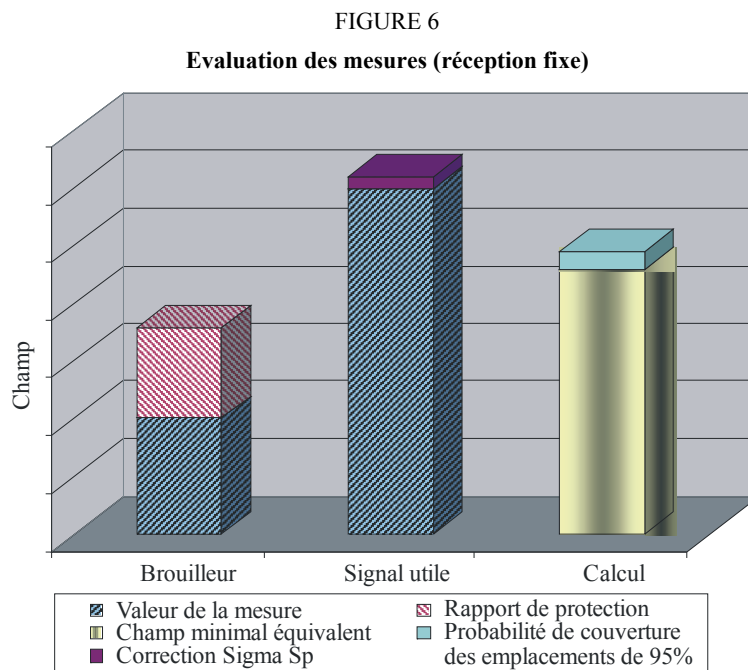
- a) La valeur maximale du champ utile est située dans la direction de l'émetteur dont on souhaite recevoir les signaux et le champ maximal des rayonnements non désirés dans la direction de l'émetteur brouilleur.

- b) La valeur maximale du champ utile est située dans la direction de l'émetteur dont on souhaite recevoir les signaux et le champ maximal des rayonnements non désirés est le produit d'une réflexion de l'onde provenant de l'émetteur brouilleur.
- c) La valeur maximale du champ utile est le produit d'une réflexion de l'onde de l'émetteur dont on souhaite recevoir les signaux et le champ maximal des rayonnements non désirés est situé dans la direction de l'émetteur brouilleur.
- d) La valeur maximale du champ utile est le produit d'une réflexion de l'onde provenant de l'émetteur dont on souhaite recevoir les signaux et le champ maximal des rayonnements non désirés est le produit d'une réflexion de l'onde provenant de l'émetteur brouilleur.

Pour savoir s'il est possible de recevoir de manière satisfaisante les émissions du service avec un niveau de confiance suffisant, il faut comparer les trois éléments suivants:

- La somme de la valeur mesurée du champ brouilleur et de celle du rapport de protection requis pour ce service.
- La valeur mesurée du champ utile, application de la correction σ_{sp} comprise.
- La somme de la valeur minimale du champ utile (E_{min}) et de la correction à appliquer pour tenir compte de la probabilité de couverture des emplacements requise, conformément à l'Annexe 2 (C_1).

Ces éléments sont présentés à la Fig. 6 sous forme de trois blocs.



SM.1875-06

Si le bloc représentant le signal utile est plus haut que les deux autres blocs, la réception fixe est possible avec une probabilité de 95% pour les cas visés aux alinéas a) et b) ci-dessus. Si la couverture doit être évaluée pour d'autres probabilités temporelles, la correction de 50 à 95% doit être remplacée par la valeur équivalente correspondant à la probabilité requise.

Pour les cas visés aux alinéas c) et d), il n'est toujours pas possible de garantir une réception satisfaisante à tout moment. Les mesures doivent donc être effectuées de nouveau plus tard et/ou à des emplacements de mesure (légèrement) différents pour accroître le niveau de confiance du résultat ou pour établir la probabilité temporelle à long terme qu'un point particulier soit couvert.

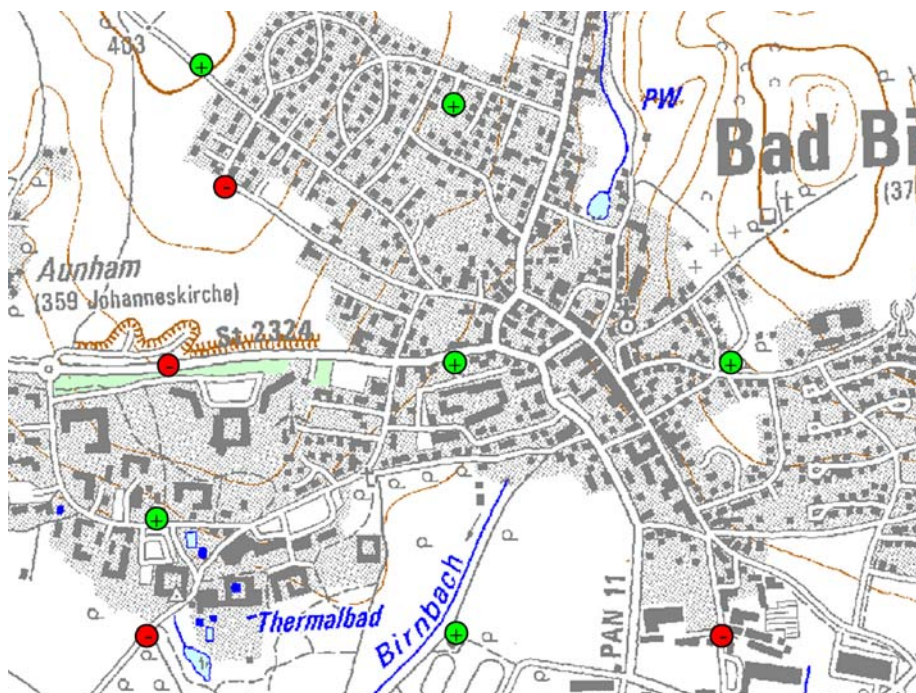
Les résultats de chacune des mesures effectuées à cet emplacement particulier doivent être analysés séparément. Si le résultat des mesures est utilisé pour garantir une réception à long terme et à tout moment, les points de mesure correspondants aux cas visés aux alinéas c) et d) doivent être considérés comme n'étant pas couverts. Dans les autres cas, il peut être consigné que les emplacements particuliers ne sont couverts qu'à certaines heures.

3.1.5 Présentation des résultats

La méthode de présentation qui s'impose consiste à inscrire les résultats sur une carte, comme illustré à la Fig. 7. Sur cette figure, les emplacements des mesures où la réception est possible sont indiqués par des points couleur vert (vif) et ceux auxquels aucune réception n'est possible par des points couleur rouge (foncé). On remarquera également que l'on a inséré, entre certains emplacements de mesure d'origine, des points supplémentaires, qui correspondent grosso modo aux noeuds d'un quadrillage à mailles de 250 m (voir également la Fig. 4).

FIGURE 7

Résultats des mesures (réception fixe)



SM.1875-07

A condition qu'un nombre suffisant de mesures ait été effectué, on peut également déterminer la probabilité de couverture des emplacements avec laquelle les émissions du service peuvent être reçues à l'intérieur de la zone de mesure. Pour ce faire, on représente sur un graphique le pourcentage de valeurs des mesures corrigées en fonction de σ_{sp} qui sont supérieures à une certaine intensité de champ par rapport à la valeur de ce champ. Un exemple est donné à la Fig. 8.

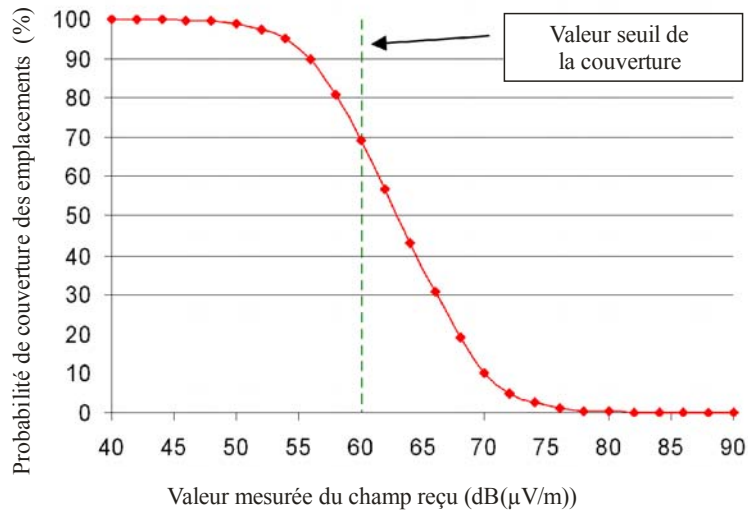
La valeur seuil de la couverture est la plus élevée des valeurs suivantes:

- La somme de la valeur mesurée du champ brouilleur et de celle du rapport de protection requis pour le service (correspondant au bloc qui représente le «brouilleur» sur la Fig. 6).
- La somme de la valeur minimale du champ utile (E_{min}) et de la correction à appliquer pour la probabilité de couverture des emplacements requise (C_1), conformément à l'Annexe 2 (correspondant au bloc «calculé» sur la Fig. 6).

Dans l'exemple donné à la Fig. 8, la valeur seuil de la couverture est 60 dB(μ V/m), valeur atteinte ou dépassée par 70% des échantillons de mesure. Cela signifie que la réception sera possible dans 70% des emplacements à l'intérieur de la zone de mesure ou, en d'autres termes, que la zone de mesure est couverte avec une probabilité de 70%.

FIGURE 8

Valeur mesurée de la probabilité de couverture des emplacements (réception fixe)



SM.1875-08

3.2 Vérification de la prévision de couverture pour la réception portable

3.2.1 Principe de mesure

Pour déterminer avec exactitude la zone réellement couverte, des mesures devraient être effectuées à tous les emplacements situés à l'intérieur de cette zone. Pour en maintenir la quantité à un niveau réaliste, le nombre d'emplacements doit être limité.

La réception portable est habituellement définie comme s'appliquant à une hauteur de 1,5 m au-dessus du sol. Une aussi grande proximité du sol fait qu'il est rare que le signal dominant soit celui qui est reçu directement de l'émetteur, surtout dans les zones suburbaines. La plupart des canaux de réception seront de type Rayleigh. Il est donc nécessaire d'effectuer des mesures par équipement mobile afin de rassembler suffisamment d'échantillons de mesures pour que le résultat soit statistiquement valable.

Il est important de noter que les exigences de la réception portable sont différentes de celles de la réception mobile. Etant donné que la méthode de mesure décrite dans la présente Recommandation est axée uniquement sur les valeurs de champ, il est encore possible de tirer des conclusions sur la réception portable bien qu'en fait, la mesure elle-même soit effectuée par un équipement mobile.

Pour la radiodiffusion DVB-T, les documents pertinents (l'Accord GE06, par exemple) n'indiquent que les valeurs médianes minimales du champ pour une hauteur de 10 m au-dessus du sol. Pour calculer les valeurs de champ nécessaires à la réception portable à une hauteur de 1,5 m, plusieurs corrections doivent être appliquées. Ces corrections sont calculées de la manière indiquée dans l'Annexe 2.

Exemple:

L'Accord GE06 spécifie un champ équivalent minimal (E_{min}) de 47,3 dB(μ V/m) pour la réception portable en extérieur avec un écart type de la distribution des amplitudes spectrales, $\sigma_{sp} = 3$ sur le

canal de télévision 24. Cette valeur est exempte de toutes marges et représente le champ le plus faible qui permette une réception satisfaisante. Pour calculer le champ nécessaire à la réception portable en intérieur, des corrections doivent être appliquées afin de tenir compte de l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments et de différentes probabilités de couverture des emplacements à l'intérieur des bâtiments. Dans l'exemple présent, 10,9 dB doivent être ajoutés pour la réception portable en intérieur avec une probabilité de couverture des emplacements de 70% (voir l'Annexe 2), ce qui donne une valeur médiane minimale du champ de 58,2 dB($\mu\text{V}/\text{m}$).

La mesure est effectuée pendant que le véhicule circule le long de la plupart des routes situées à l'intérieur d'une zone de mesure représentant un village ou une ville à la périphérie extérieure (ou la limite) de la zone de couverture prévue. Les résultats peuvent être comparés directement à la valeur médiane minimale calculée du champ pour la réception portable.

3.2.2 Equipement de mesure nécessaire

L'équipement nécessaire à l'évaluation des paramètres de planification de la radiodiffusion DVB-T en mode de réception portable est le suivant:

TABLEAU 6

Equipement nécessaire à la vérification de la réception portable de signaux DVB-T

	Type d'équipement	Fonctions requises, observations
Installation générale	Véhicule servant aux mesures	Plusieurs antennes peuvent être fixées au toit à 1,5 m environ au-dessus du système de localisation au sol (par exemple, GPS)
Récepteur (grand public)	Analyseur de spectre	Interface pour le transfert de données vers des ordinateurs (par exemple, LAN, IEEE488.2) Mode de mesure de la puissance dans le canal Détecteur à échantillonnage Fonction préférée: détecteur de valeur efficace
Récepteur (facultatif) ¹⁾	Récepteur/analyseur large bande réalisant une FFT	Largeur de bande minimale captée: 10 MHz Interface pour le transfert de données vers des ordinateurs (par exemple, LAN, IEEE488.2) Mode de mesure de la puissance dans le canal
Antenne	2 antennes équidirectives ²⁾	Fixées sur le toit du véhicule de mesure 1 antenne à polarisation horizontale et une à polarisation verticale Le facteur d'antenne doit être connu (étalonné)
Commutateur d'antenne ²⁾	Commutateur RF commandé par ordinateur	Vitesse de commutation: $\geq 40/\text{s}$

TABLEAU 6 (fin)

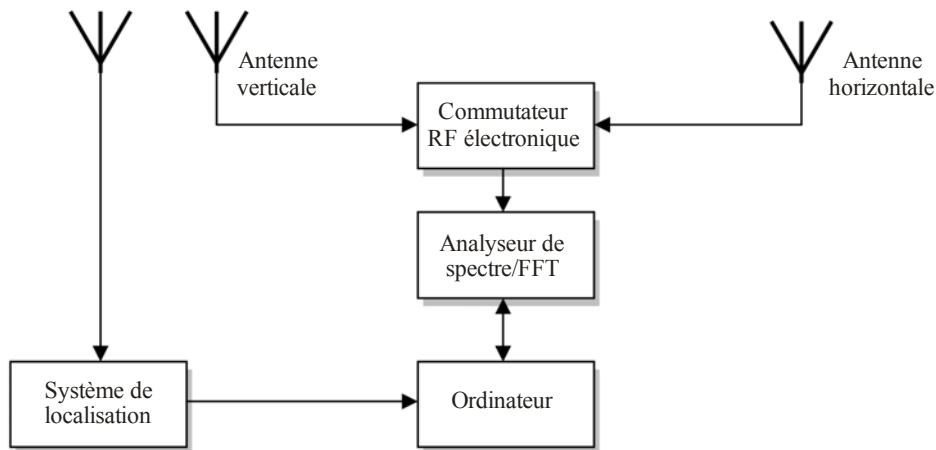
	Type d'équipement	Fonctions requises, observations
Contrôle des mesures	Programme d'ordinateur	Régler automatiquement l'analyseur et la position du commutateur d'antenne, effectuer les mesures et afficher les résultats en direct sur l'écran Mise en mémoire des données du tracé fournies par l'analyseur de spectre Mise en mémoire des résultats des mesures de la puissance dans le canal Mise en mémoire des données fournies par le système de localisation Affichage direct de l'écart type réel, σ des niveaux spectraux sur une carte numérique

- 1) Etant donné qu'un récepteur/analyseur FFT à large bande capte instantanément toute la largeur de bande du signal, les mesures peuvent être accélérées, ce qui donne des résultats plus précis, surtout pour la détermination du canal de réception (voir le § 3.2.3).
- 2) Pour les mesures effectuées dans des réseaux qui ne comportent qu'un seul émetteur (MFN) ou dans des réseaux monofréquence (SFN) qui n'utilisent qu'une seule polarisation, une antenne équidirective suffit et aucun commutateur d'antenne n'est nécessaire.

Le montage des équipements nécessaires pour effectuer les mesures au sein de réseaux SFN utilisant deux polarisations est illustré à la Fig. 9.

FIGURE 9

Montage des équipements de mesure (réception portable au sein de réseaux SFN)



SM.1875-09

3.2.3 Méthode de mesure

Toutes les mesures sont effectuées pendant que le véhicule circule le long des routes principales situées à l'intérieur de la zone de mesure, cette zone étant une ville ou un village à la limite de la zone de couverture prévue.

L'équipement de mesure se déclenche une fois par seconde (ce rythme correspond grosso modo à celui auquel le système de localisation GPS fournit des coordonnées nouvelles/différentes). Puis, au cours d'une période de 500 ms, 10 échantillons du niveau du signal reçu sont prélevés, convertis en valeurs de champ en utilisant le facteur d'antenne de l'antenne de mesure, et la valeur médiane des 10 échantillons est enregistrée avec les coordonnées géographiques.

Pour la mesure, l'analyseur de spectre doit être réglé de la manière suivante:

- Mode de mesure: Puissance dans le canal
- Largeur de bande du canal: 7 MHz ou 8 MHz
- Bande passante de résolution: 30 kHz ou «automatique» (pas supérieure à 100 kHz)
- Détecteur: de valeur efficace (si un tel détecteur est disponible) ou à échantillonnage
- Mode de tracé: en clair
- Temps de balayage: 20 ... 25 ms.

Si l'on utilise un récepteur ou un analyseur large bande réalisant une FFT, les réglages de cet appareil doivent être les suivants:

- Largeur de bande à capter: ≥ 7 MHz ou ≥ 8 MHz (largeur de bande du canal)
- Durée d'acquisition: 1 ms
- Mode de mesure: Puissance dans le canal.

Le canal de réception sera souvent du type Rayleigh, les conditions de réception subissant des variations rapides et importantes, surtout lorsque les mesures sont effectuées par un équipement mobile dans des zones urbaines et à 1,5 m seulement au-dessus du sol. Bien que l'enregistrement par équipement mobile soit effectué de manière continue et fournisse de nombreuses valeurs de mesure, le nombre d'échantillons ne sera pas forcément suffisant pour tirer des conclusions concernant la couverture avec un degré de confiance raisonnable. Pour obtenir des informations sur la distribution du champ dans la zone de mesure, il est nécessaire de déterminer le canal de réception. Cette opération doit être effectuée au cours de chaque cycle de mesure, c'est-à-dire une fois par seconde, immédiatement après la mesure du champ.

Le canal de réception est déterminé en enregistrant le spectre moyen au cours d'une période de 200 ms au moins pour réduire les effets de la modulation DVB.

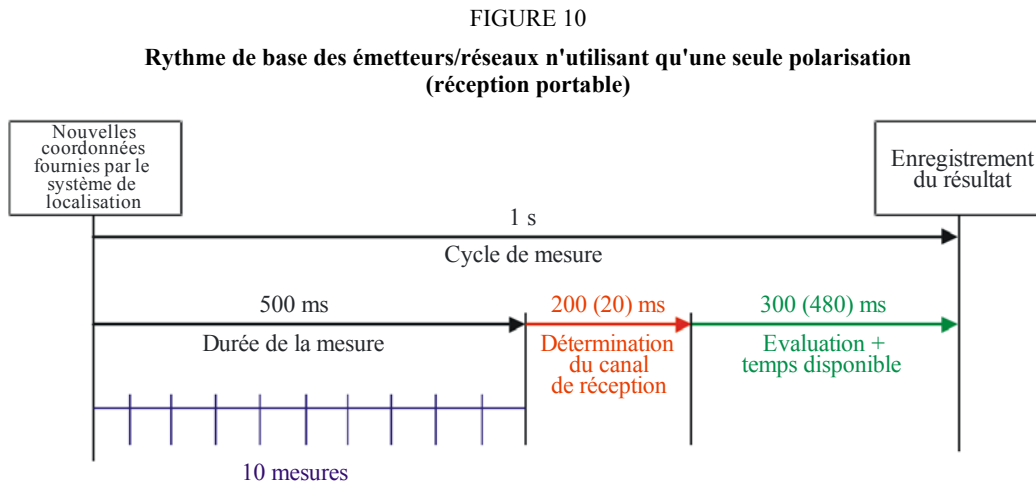
Si l'on utilise, pour cette mesure, un analyseur de spectre à balayage, les réglages de cet appareil doivent être les suivants:

- Largeur de bande: 6,5 MHz (canaux de 7 MHz) ou 7,6 MHz (canaux de 8 MHz)
- Bande passante de résolution: ≤ 30 kHz
- Détecteur: de valeur efficace (préféré) ou à échantillonnage (si un détecteur de valeur efficace n'est pas disponible)
- Mode de tracé: en clair (si un détecteur de valeur efficace est utilisé), moyenne de 20 balayages (si un détecteur à échantillonnage est utilisé)
- Temps de balayage: 200 ms (si un détecteur de valeur efficace est utilisé), 10 ms (si un détecteur à échantillonnage est utilisé).

Il est particulièrement important, dans les mesures par équipement mobile, qui sont associées à des conditions de réception évoluant rapidement, de déterminer le canal de réception qui se rapproche le plus possible de la mesure du champ. Un récepteur/analyseur large bande réalisant une FFT peut enregistrer instantanément toutes les fréquences de la DVB-T, permettant ainsi de réduire considérablement le temps nécessaire aux mesures; il est donc recommandé de l'utiliser avec les réglages suivants:

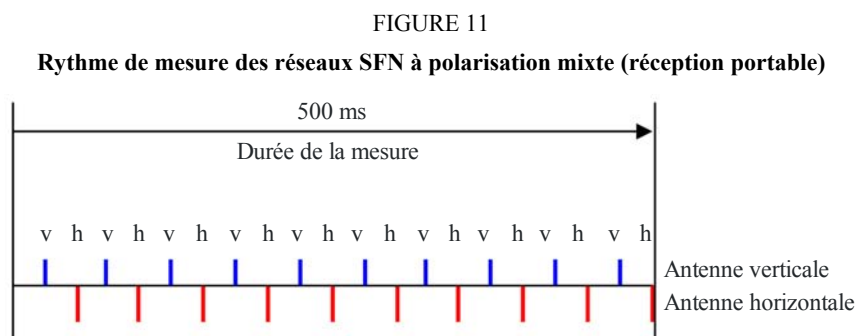
- Largeur de bande à capter: ≥ 7 MHz ou ≥ 8 MHz (largeur de bande du canal)
- Largeur de bande utilisée: 6,5 MHz (canaux de 7 MHz) ou 7,6 MHz (canaux de 8 MHz)
- Bande passante de résolution: ≤ 30 kHz
- Durée d'acquisition: 20 ms.

Pour chacun des spectres captés, l'écart type des amplitudes spectrales, σ_{sp} est calculé et enregistré, en même temps que le niveau de puissance dans le canal et les coordonnées géographiques. La Fig. 10 illustre le rythme de base d'un cycle de mesure.



SM.1875-10

Dans les réseaux SFN à polarisation mixte, les deux plans de polarisation doivent être mesurés en même temps. Pour ce faire, 20 échantillons de mesure doivent être prélevés au cours d'une période de 500 ms. La polarisation de l'antenne passe de verticale à horizontale entre chaque échantillon. Cette commutation est nécessaire pour obtenir les valeurs médianes du champ correspondant aux deux polarisations dans un même emplacement. La Fig. 11 montre le rythme nécessaire (à la mesure du champ uniquement).



SM.1875-11

Dans les réseaux SFN à polarisation mixte, les canaux de réception doivent également être mesurés séparément dans les deux plans. Cette opération ne laisse que 100 ms de temps disponible et de temps de traitement si un analyseur de spectre à balayage est utilisé, contre 460 ms si l'on a recours à un récepteur/analyseur FFT à large bande.

Le champ équivalent est calculé sur la base des 10 échantillons de chaque plan de polarisation, pris séparément. La correction σ_{sp} déduite de la détermination du canal de réception est appliquée à chacune des deux valeurs médianes. La plus élevée de ces deux valeurs est enregistrée en tant que résultat.

3.2.4 Analyse des résultats

Il est possible d'analyser directement les données obtenues en indiquant, sur une carte numérique, la valeur instantanée de σ_{sp} au cours de la mesure. Un écart type σ_{sp} dont la valeur est fréquemment supérieure à 3dB dans une région donnée indique que les canaux de réception dominants sont de type Rayleigh. En pareil cas, des mesures supplémentaires sont nécessaires et peuvent être effectuées en empruntant davantage de routes secondaires le long du trajet. Un exemple de ce type d'affichage direct est illustré à la Fig. 12, sur laquelle les canaux de Rice sont indiqués par des points de couleur vert (vif) et les canaux de Rayleigh par des points de couleur rouge (foncé).

FIGURE 12

Affichage direct du canal de réception au cours de la mesure



SM.1875-12

Pour savoir si la réception portable est possible à l'intérieur de la zone de mesure, toutes les valeurs de champ mesurées doivent être comparées à la valeur médiane minimale du champ nécessaire à la réception portable, calculée de la manière indiquée dans les accords pertinents (par exemple, l'Accord GE06). Il convient de veiller à appliquer aux résultats des mesures les corrections correspondant aux conditions de réception requises:

- Pour la réception portable en extérieur, seule la correction σ_{sp} doit être appliquée. Aucune correction supplémentaire n'est nécessaire pour tenir compte de la probabilité de couverture des emplacements puisque la mesure a été effectuée dans les conditions de réception appropriées et qu'un nombre suffisant d'échantillons a été prélevé. La probabilité de couverture des emplacements peut être déduite directement des résultats des mesures (voir le § 3.2.5).

- Pour la réception portable en intérieur, des corrections supplémentaires doivent être appliquées afin de tenir compte de l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments et de l'une des différentes probabilités de couverture d'emplacements indiquées dans l'Annexe 2.
- Il est absolument impossible de calculer la réception fixe sur la base de ces mesures de couverture, effectuées par un équipement mobile. Il faut utiliser à la place la méthode de mesure décrite au § 3.1.

3.2.5 Présentation des résultats

La situation concernant la couverture peut être affichée directement en présentant le résultat de la comparaison décrite ci-dessus sur une carte, dans des couleurs différentes. Les points couleur vert (vif) indiquent que les valeurs mesurées augmentées de marges supplémentaires sont supérieures à la valeur médiane minimale du champ (la réception portable en extérieur est possible), les points couleur bleu (foncé) indiquant les endroits où la réception portable en intérieur est possible.

FIGURE 13

Résultats des mesures (réception portable)



SM.1875-13

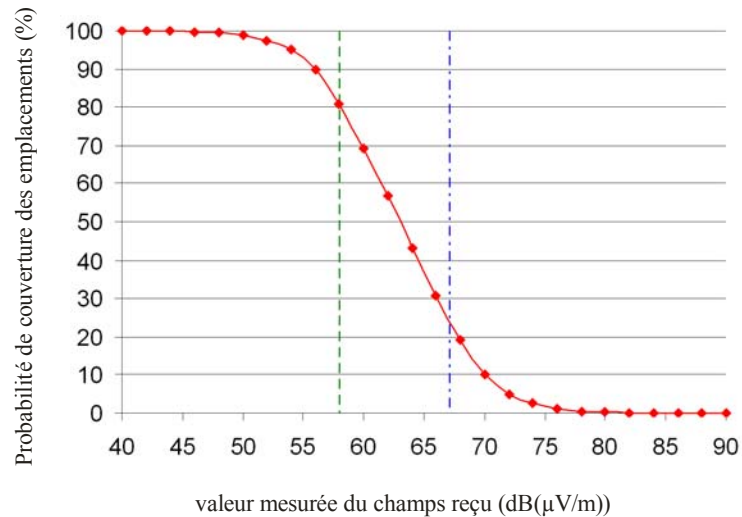
S'il n'a pas été possible d'afficher directement le canal de réception au cours des mesures, on peut déterminer par la suite si la distribution des valeurs de champ était homogène à l'intérieur de la zone de mesure. Il faut, pour ce faire, représenter sur un graphique semblable à celui de la Fig. 5, la distribution des résultats des mesures auxquelles la correction σ_{sp} a été appliquée. Si la courbe est gaussienne et relativement étroite, comme dans l'exemple, la distribution des valeurs de champ est suffisamment homogène. Dans le cas contraire, des valeurs de mesures supplémentaires doivent être recueillies en roulant le long d'autres routes différentes à l'intérieur de la zone de mesure.

La méthode décrite dans le présent paragraphe présente un inconvénient: cette conclusion ne peut être tirée qu'en différé et une répétition de la mesure peut s'avérer nécessaire. Un affichage direct du canal de réception indique toutefois déjà ce résultat au cours de la mesure et permet de réagir immédiatement à ce moment-là.

Il est possible, en s'appuyant sur les résultats des mesures corrigées en fonction de σ_{sp} , de déterminer la probabilité de réception portable à l'intérieur de la zone de mesure. Pour ce faire, on représente sur un graphique le pourcentage de valeurs des mesures corrigées en fonction de σ_{sp} qui

sont supérieures à une certaine intensité de champ par rapport à la valeur de ce champ. Un exemple est donné à la Fig. 14.

FIGURE 14
Probabilité mesurée de couverture des emplacements (réception portable)



SM.1875-14

Dans cet exemple, la valeur médiane minimale calculée du champ pour la réception portable en extérieur est 58 dB(µV/m) (ligne de traits verts) et pour la réception portable en intérieur 67 dB(µV/m) (ligne de traits bleus). La mesure montre que la réception portable en extérieur est possible dans au moins 80% de la zone de mesure et que la réception portable en intérieur est possible dans au moins 25% de cette zone.

3.3 Vérification de la prévision de couverture pour la réception mobile

Pour vérifier la couverture mobile, il faut procéder à des mesures de champ le long d'une route, de la manière décrite au § 3.2 de la présente Recommandation. La seule différence est qu'il faut prendre les valeurs de champ minimales requises pour la réception mobile, aux termes des accords internationaux.

Ces mesures ne peuvent toutefois donner qu'une estimation grossière de la couverture mobile qui peut être véritablement obtenue. Une perte de synchronisation se produit généralement, avec les récepteurs DVB-T commerciaux, dès que le signal reçu devient trop faible ou qu'il est trop fortement distordu, même s'il ne l'est que pendant une courte période; ce problème est particulièrement important dans le cas des systèmes DVB-T fonctionnant en mode 8k. Le délai nécessaire pour rétablir la synchronisation peut être beaucoup plus long que la durée de l'absence de champ. On obtiendrait une zone de couverture mesurée plus étendue que la zone dans laquelle la réception est possible si l'on se contentait, pour mesurer le champ, de la méthode applicable à la réception portable. Pour éviter cette perte problématique de synchronisation, les récepteurs DVB-T qui sont conçus pour la réception mobile ont généralement recours à la diversité d'antenne.

Pour évaluer correctement la couverture mobile de la radiodiffusion DVB-T, des mesures supplémentaires de la qualité de la réception doivent être effectuées à l'aide d'un récepteur DVB-T de mesure en diversité. La méthode de mesure détaillée est encore en cours d'élaboration.

Annexe 2

1 Correction pour le canal de réception (correction σ_{sp})

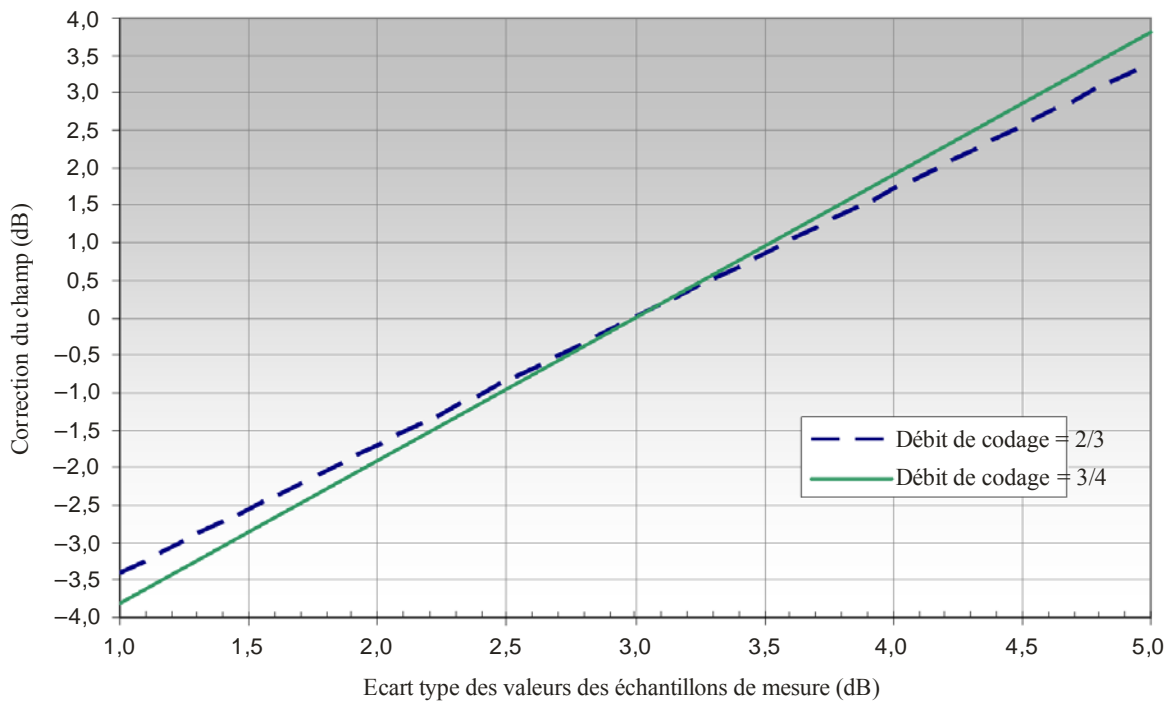
Les tableaux des valeurs minimales du rapport signal/bruit (C/N) qui figurent dans l'Accord GE06 reposent sur l'hypothèse de canaux de réception de Rice dont les amplitudes spectrales ont un écart type σ_{sp} de 1 dB ou de canaux de Rayleigh pour lesquels l'écart type est de 3dB. Les résultats de mesures réelles ont toutefois des écarts types différents de 1 ou de 3 dB. En pareil cas, une valeur de correction doit être soustraite des valeurs médianes du champ mesurées avant de les comparer à celles des tableaux pertinents de l'Accord GE06, en appliquant la formule suivante:

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} * (\sigma_{sp} - 3)$$

La Fig. 15 montre, à titre d'exemple, la correction à apporter ainsi aux systèmes DVB-T fonctionnant en mode 8k pour des débits de codage de 2/3 et 3/4.

FIGURE 15

Corrections à apporter pour tenir compte de canaux de réception non normalisés



SM.1875-15

2 Correction pour la probabilité de couverture des emplacements

Le calcul de la correction à appliquer pour les probabilités de couverture des emplacements C_1 autres que 50% repose sur l'hypothèse d'une distribution log-normale des échantillons du signal reçu.

$$C_1 = \mu * \sigma \quad \text{dB}$$

où:

μ = facteur de distribution

σ = écart type des valeurs des échantillons de mesure.

Pour des signaux à large bande, tels que ceux de la radiodiffusion DVB-T, l'Accord GE06 spécifie que la valeur de l'écart type à l'intérieur de zones étendues, σ_1 est 5,5 dB. Sur la base de cette hypothèse, il est possible de calculer, d'après les valeurs du Tableau 7, la correction à appliquer pour différentes probabilités de couverture des emplacements.

TABLEAU 7

Corrections pour différentes probabilités de couverture des emplacements

Probabilité de couverture des emplacements désirée (%)	μ	C_1 (dB)
50	0	0
70	0,52	2,9
95	1,64	9
99	2,33	12,8

Pour déterminer la couverture en intérieur, la valeur de l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments doit être soustraite des valeurs des mesures effectuées à l'extérieur. L'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments a toutefois, lui aussi, un écart type σ_2 dont la valeur doit être ajoutée à celle de l'écart type pour les signaux à large bande, σ_1 comme suit:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

Pour la couverture DVB-T en intérieur, l'Accord GE06 spécifie les valeurs ci-après pour l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments et pour σ_2 :

TABLEAU 8

Ecart type et affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments pour la couverture DVB-T en intérieur

Gamme de fréquences (MHz)	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (dB)	σ_2 (dB)
VHF	9	3
UHF	8	5,5

3 Correction totale pour couverture en intérieur

La correction totale à ajouter aux valeurs de champ mesurées à certains emplacements fixes lorsque la couverture en intérieur doit être évaluée est la somme des valeurs de la correction à appliquer pour tenir compte de la probabilité de couverture des emplacements, C_1 , de l'écart type σ_1 des mesures du signal à large bande, de l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments et de son écart type σ_2 .

TABLEAU 9

Correction totale pour couverture DVB-T en intérieur lorsque cette couverture est mesurée en des points fixes

Gamme de fréquences (MHz)	Probabilité de couverture des emplacements désirée (%)	μ	σ_1 (dB)	σ_2 (dB)	σ (dB)	C_1 (dB)	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (dB)	Correction totale (dB)
VHF	70	0,52	5,5	3	6,3	3,3	9	12,3
	95	1,64				10,3		19,3
	99	2,33				14,7		23,7
UHF	70	0,52	5,5	5,5	7,8	4,1	8	12,1
	95	1,64				12,8		20,8
	99	2,33				18,9		26,9

Si, comme cela est recommandé, la mesure est effectuée par un équipement mobile, l'écart type σ_1 pour les signaux à large bande ne s'applique pas, et ce pour les raisons suivantes:

- la mesure a, en fait, été effectuée à l'endroit où la réception doit être évaluée;
- la méthode de mesure permet d'obtenir tellement d'échantillons que la valeur médiane calculée de tous les échantillons de mesure représente déjà le champ médian réel à l'intérieur de la zone de mesure.

Les corrections totales à appliquer à ces valeurs de mesure sont indiquées dans le Tableau 10.

TABLEAU 10

**Correction totale pour couverture DVB-T en intérieur lorsque
cette couverture est mesurée par un équipement mobile**

Gamme de fréquences (MHz)	Probabilité de couverture des emplacements désirée (%)	μ	σ (dB)	C_1 (dB)	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (dB)	Correction totale (dB)
VHF	70	0,52	3	1,6	9	10,6
	95	1,64		4,9		13,9
	99	2,33		7,0		16,0
UHF	70	0,52	5,5	2,9	8	10,9
	95	1,64		9,0		17,0
	99	2,33		12,8		20,8