

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R SM.1875-4
(09/2022)

**Mesures de la couverture DVB-T/T2
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 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/UIT-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre 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

(Également 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	Systemes 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	Émissions 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, 2023

© UIT 2023

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.1875-4

Mesures de la couverture DVB-T/T2 et vérification des critères de planification

(2010-2013-2014-2019-2022)

Champ d'application

La présente Recommandation décrit des méthodes de mesure de la couverture des émetteurs et des réseaux DVB-T et DVB-T2 et leur évaluation. La plupart des principes qui y sont décrits sont également applicables à d'autres systèmes de radiodiffusion numérique, en particulier ceux qui utilisent la modulation MROF (par exemple les systèmes DAB), mais les exemples de valeurs utilisés dans la présente Recommandation proviennent uniquement de systèmes DVB-T/T2.

Mots clés

Contrôle, couverture, DVB-T, DVB-T2, mesure, prévisions de couverture

Abréviations/Glossaire

TEB – Taux d'erreurs sur les bits

C/N – Rapport porteuse/bruit

C/I – Rapport porteuse/brouillage, également appelé rapport de protection dans la présente Recommandation

FEC – Correction d'erreur directe

DVB-T/T2 – Radiodiffusion vidéonumérique de Terre

FX – Réception fixe

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)

LDPC – Code de contrôle de parité à faible densité

MFN – Réseau multifréquence

PI – Réception portable en intérieur

PO – Réception portable en extérieur

QEF – Pratiquement sans erreur

QoS – Qualité de service

RF – Fréquence radioélectrique

SFN – Réseau monofréquence

Recommandations et Rapports UIT-R connexes

Recommandations UIT-R BT.419

Recommandations UIT-R P.1546

Recommandations UIT-R BT.1735

Recommandations UIT-R P.1812

Rapport UIT-R BT.2254

Rapport UIT-R BT.2265

NOTE – Dans tous les cas, il convient d'utiliser l'édition la plus récente de la Recommandation/du Rapport en vigueur.

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/T2 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,

reconnaissant

- a) que le Rapport UIT-R BT.2254 définit les conditions de réception, les rapports signal sur bruit nécessaires et les valeurs minimales du champ pour la réception de la DVB-T2;
- b) que la Recommandation UIT-R BT.1735 met à disposition des méthodes d'évaluation de la qualité de la réception des signaux de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre du Système B (DVB-T),

recommande

que les méthodes décrites dans les Pièces jointes 1, 2, 3 et 4 de l'Annexe soient utilisées pour l'évaluation de la couverture DVB-T/T2 et la comparaison avec les prévisions de couverture.

NOTE – On trouvera dans le § 3 de l'Annexe de la présente Recommandation des indications sur la méthode à appliquer, en fonction de la conception du réseau DVB-T/T2, du terrain et de l'objectif de la mesure.

Annexe

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR).....	ii
Annexe	3
1 Introduction	6
2 Termes et définitions aux fins de la présente Recommandation	6
2.1 Diagramme d'antenne pour la réception fixe	6
2.2 Facteur d'antenne	7
2.3 Taux d'erreurs sur les bits	8
2.4 Cellule.....	8
2.5 Rapport porteuse/bruit (C/N)	8
2.6 Zone de couverture	8
2.7 Zone de service	9
2.8 Prévion de couverture	10
2.9 Facteur de crête.....	10
2.10 Discrimination de directivité	10
2.11 Intervalle de garde	11
2.12 Affaiblissement dû à la hauteur	11
2.13 Champ brouilleur	11
2.14 Médiane	12
2.15 Valeur du champ médian minimal (E_{med})	12
2.16 Réseau MFN	13
2.17 Niveau minimal équivalent du signal	13
2.18 Champ utile minimal (équivalent) (E_{min}).....	13
2.19 Gain du réseau	13
2.20 Rapport de protection	14
2.21 Réception pratiquement sans erreur.....	14
2.22 Champ reçu.....	14
2.23 Scénarios de réception	14
2.24 Canal de réception	15

2.25	L'Accord GE06	16
2.26	Autobrouillage à l'intérieur d'un réseau SFN.....	16
2.27	Réseau monofréquence	17
2.28	Écart type	17
2.29	Écart type des amplitudes spectrales (σ_{sp})	17
2.30	Correction σ_{sp} ($C\sigma$)	17
2.31	Petite zone.....	18
2.32	Émetteur de substitution	18
2.33	Synchronisation	18
2.34	Variante de système.....	19
2.35	Champ utile.....	20
3	Méthodes de mesure	20
	Pièce jointe 1 à l'Annexe Vérification de la prévision de couverture pour la réception fixe..	22
A1.1	Choix des emplacements où effectuer les mesures.....	22
A1.2	Équipement de mesure nécessaire	23
A1.3	Informations requises.....	24
A1.4	Montage de mesure.....	24
A1.5	Méthode de mesure.....	25
A1.6	Brouillages externes.....	28
A1.7	Analyse des résultats.....	29
A1.8	Présentation des résultats	32
A1.9	Vérification de la couverture prévue	33
	Pièce jointe 2 à l'Annexe Vérification de la prévision de couverture pour la réception portable.....	34
A2.1	Principe de mesure.....	34
A2.2	Équipement de mesure nécessaire	35
A2.3	Méthode de mesure.....	36
A2.4	Analyse des résultats.....	38
A2.5	Présentation des résultats	39
	Pièce jointe 3 à l'Annexe Méthode simplifiée permettant de déterminer la limite de couverture des émetteurs et des réseaux DVB-T/T2	41
A3.1	Introduction.....	41
A3.2	Paramètres mesurés du signal	42

A3.3	Équipements requis.....	42
A3.4	Planification des mesures	43
A3.5	Procédure de mesure.....	44
A3.6	Traitements des résultats des mesures	46
A3.7	Mesures effectuées dans les réseaux SFN	49
Pièce jointe 4 à l'Annexe Méthode de mesure de la couverture du service DVB-T/T2 pour la réception fixe dans des zones définies.....		50
A4.1	Introduction.....	50
A4.2	Équipements requis.....	51
A4.3	Planification des mesures	52
A4.4	Procédure de mesure.....	53
A4.5	Traitement des résultats des mesures.....	54
A4.6	Affichage des résultats des mesures	54
Pièce jointe 5 à l'Annexe Corrections à apporter aux résultats des mesures		55
A5.1	Correction pour le canal de réception (correction σ_{sp}).....	55
A5.2	Correction pour la probabilité de couverture des emplacements.....	55
A5.3	Correction totale pour couverture en intérieur.....	56

1 Introduction

Les services de contrôle doivent évaluer 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.

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 évaluer la couverture fixe et mobile des émetteurs et réseaux DVB-T/T2. Elle s'adresse aux services de contrôle. Les radiodiffuseurs qui veulent s'assurer que leurs services peuvent être reçus au moyen des équipements disponibles sur le marché dans la zone de couverture voulue devront peut-être prévoir d'autres critères de qualité de service.

Bien qu'ils soient spécialement conçus pour la radiodiffusion DVB-T/T2, une grande partie des renseignements fournis dans la présente Recommandation sont également valables pour d'autres systèmes de radiodiffusion numérique de Terre.

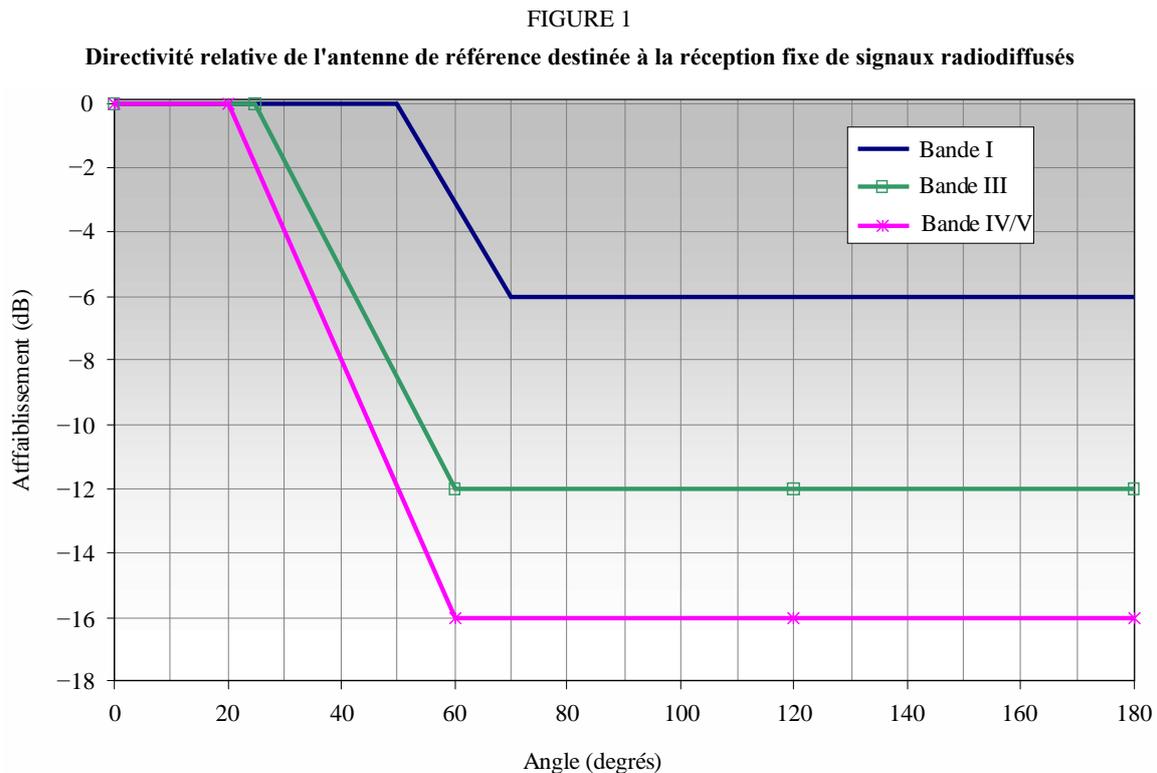
Les mesures destinées à vérifier les paramètres techniques de l'émetteur et du réseau ne sont pas traitées dans la présente Recommandation.

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/T2.

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. Cette antenne est utilisée dans les outils de prévision de la couverture. Il convient de noter que l'antenne de référence est une antenne théorique et que les antennes effectivement utilisées n'auront pas exactement les mêmes caractéristiques. Les mesures de la couverture fixe devraient être effectuées à l'aide d'une antenne de mesure présentant au moins la même directivité et le même gain que l'antenne de référence.



Des antennes équidirectives théoriques sont utilisées pour la réception portable et la réception mobile dans les Recommandations UIT-R et dans l'Accord GE06, ainsi que dans les outils de planification, mais ces antennes n'existent pas dans la pratique. L'affaiblissement relatif maximal d'une antenne de mesure utilisée pour effectuer des mesures de la couverture mobile devrait être de ± 3 dB dans n'importe quelle direction.

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:

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

où:

E : champ électrique au niveau de l'antenne (dB(μ V/m))

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

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:

$$K = 20 \log(f) - G_i - 29,774 \quad (\text{pour des systèmes de } 50 \text{ ohms})$$

où:

f : fréquence (MHz)

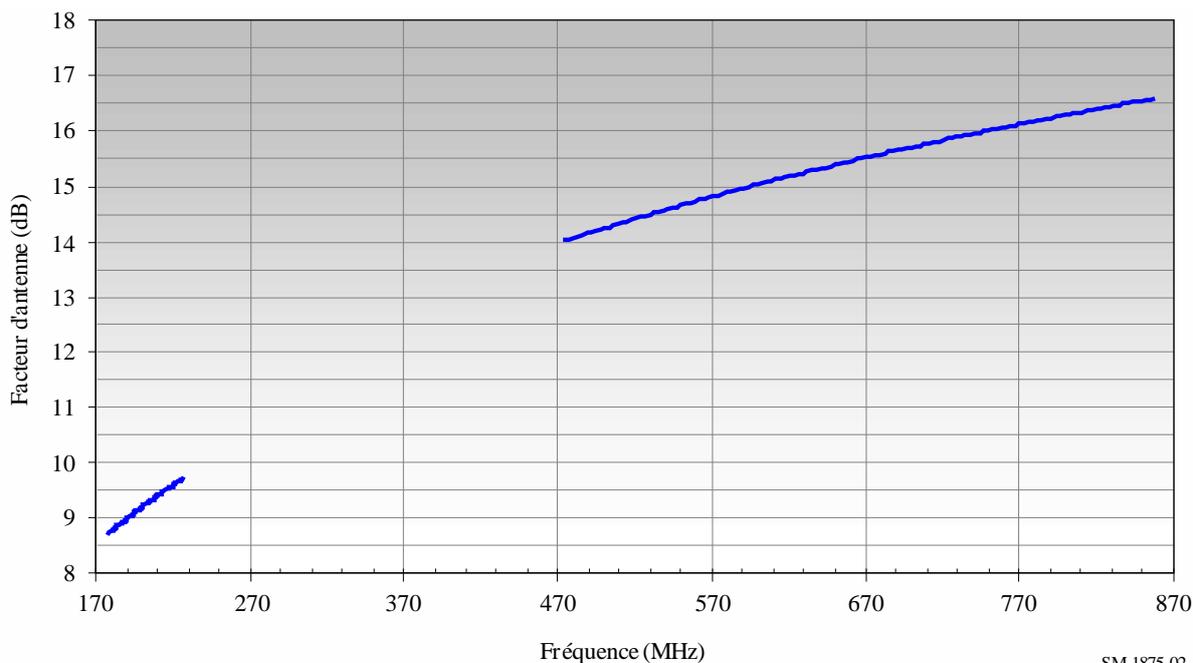
G_i : gain de l'antenne par rapport à l'antenne isotrope (dB)

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.

FIGURE 2

Facteur d'antenne pour la réception fixe de signaux radiodiffusés



SM.1875-02

2.3 Taux d'erreurs sur les bits

Le taux d'erreurs sur les bits (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. Étant 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.

En radiodiffusion DVB-T2, on utilise un principe de correction d'erreurs différent. Dans ce système, le paramètre pertinent est le TEB après le décodage LDPC (interne). Un TEB après le LDPC (LBER) de 10^{-7} est jugé suffisant pour une réception DVB-T2 pratiquement sans erreur.

2.4 Cellule

Pour un quadrillage à mailles ou en triangles, à l'intérieur de cette zone, l'écart type du champ est égal à 5,5 dB. Conformément à la Recommandation UIT-R P.1546, la taille type du quadrillage d'une cellule est de 500 mètres.

2.5 Rapport porteuse/bruit (C/N)

Voir le rapport de protection.

2.6 Zone de couverture

Une zone donnée est considérée comme «couverte» par un système DVB-T/T2, lorsque la valeur du champ médian obtenue dans les conditions de réception propres à cette zone, à une hauteur au-dessus du sol indiquée (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, pour la radiodiffusion DVB-T et le Rapport UIT-R BT.2254 pour la radiodiffusion DVB-T2).

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;
- l'affaiblissement du champ dû à l'affaiblissement dû à la hauteur et/ou à l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (le cas échéant);
- le modèle de récepteur (par exemple, sensibilité et sélectivité);
- l'antenne de réception (hauteur, polarisation, gain et directivité);
- le canal de réception (gaussien, de Rice ou de Rayleigh).

À 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 (généralement 99% du temps et 95% des emplacements).

On ne peut donc partir du principe que la réception de la DVB-T/T2 est possible avec un récepteur grand public et une antenne de référence 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/T2 grand public uniquement en cherchant à savoir si ce récepteur fonctionne à un certain emplacement, étant donné que la couverture est définie avec une probabilité de réception élevée, à la fois en termes de temps et d'emplacements. Dans l'idéal, les mesures seraient effectuées en un certain nombre d'emplacements pour un pixel et sur une période de temps suffisamment longue pour constater les phénomènes de propagation anormaux – généralement une année. Cette manière de procéder n'étant pas pratique, il faut mesurer des paramètres techniques tels que le champ, de préférence dans les mêmes conditions de réception avec un équipement aux performances équivalentes que l'hypothèse retenue dans l'outil de planification avec les valeurs tirées des modèles de prédiction par ordinateur.

Pour les besoins de la présente Recommandation, la définition de la couverture est analogue aux termes «couverture nominale» figurant dans la base de données des termes et définitions de l'UIT.

2.7 Zone de service

La réception de la DVB-T/T2 est considérée comme possible si, à un emplacement donné, un récepteur grand public est capable de corriger (presque) toutes les erreurs pendant 99% du temps et produire une image. Dans les réseaux DVB-T, le TEB mesuré après le décodeur Viterbi devrait être inférieur à $2 * 10^{-4}$. Dans les réseaux DVB-T2, le TEB mesuré après le LDPC devrait être inférieur à 10^{-7} .

Le champ qui est réellement nécessaire pour que les signaux DVB-T/T2 soit reçus de manière satisfaisante dépend des facteurs suivants:

- la variante du système DVB-T/T2;
- la performance du récepteur (facteur de bruit, méthode de synchronisation, etc.);
- le gain et les caractéristiques du système d'antenne de réception;
- 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 des signaux reçus;
- le champ des signaux brouilleurs;

- le type de canal de réception.

Le champ brouilleur ou la présence d'un rapport C/I suffisant peut être déterminé indirectement par la mesure du TEB ou le taux d'erreur de modulation (MER) pour les brouilleurs gaussiens.

On peut effectuer, à titre de variante, un essai de réception avec un récepteur DVB-T/T2 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.

Pour les besoins de la présente Recommandation, la zone de service définie dans la base de données des termes et définitions de l'UIT correspond à la zone dans laquelle les conditions énoncées ci-dessus pour que la réception soit possible sont remplies.

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, ainsi que sur certains modèles/paramètres de réception, et est effectuée à l'aide d'outils informatiques. Les résultats sont donnés pour un emplacement et une probabilité temporelle donnés.

Dans l'Accord GE06 et le Rapport UIT-R BT.2254, les valeurs minimales du champ qui doivent être atteintes, en limite de couverture, pour la radiodiffusion DVB-T/T2, 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 ou à une antenne de réception équidirective portable. 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 Discrimination de directivité

La discrimination de directivité est l'affaiblissement relatif en fonction de l'angle du niveau reçu d'un signal arrivant à l'antenne de mesure avec un angle différent de celui de la direction principale.

Dans le cas de réseaux SFN à polarisation mixte, les signaux provenant d'un émetteur orthogonaux par rapport à la polarisation de l'antenne de réception subissent une discrimination des polarisations additionnelle. Dans ce cas, conformément à la Note 3 de la Recommandation UIT-R BT.419, la discrimination combinée est comme suit:

TABLEAU 1

Discrimination combinée assurée par la directivité et la polarisation orthogonale dans la bande III

Décalage de l'angle par rapport à la direction principal (α) (degrés)	Discrimination combinée de l'antenne de référence (dB)
de 0 à 26,5	10
de 26,5 à 43,25	$16 * (\alpha - 26,5)/16,75$
de 43,25 à 180	16

TABLEAU 2

Discrimination combinée assurée par la directivité et la polarisation orthogonale dans la bande IV/V

Décalage de l'angle par rapport à la direction principal (α) (degrés)	Discrimination combinée de l'antenne de référence (dB)
de 0 à 20	9
de 20 à 37,5	$16 * (\alpha - 20)/17,5$
de 37,5 à 180	16

2.11 Intervalle de garde

Pour utiliser toutes les composantes du signal entrant résultant de réflexions ou d'émissions dans le même canal dans un réseau SFN, 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). Les signaux qui arrivent dans l'intervalle de garde contribuent entièrement au niveau du signal utile. Lorsque le temps d'arrivée d'un signal dépasse l'intervalle de garde, la contribution utile de ce signal diminue et le potentiel brouilleur de ce signal augmente. À un instant d'arrivée donné au-delà de l'intervalle de garde, le signal contribue entièrement au niveau du signal brouilleur.

2.12 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/T2) et le champ reçu par une antenne plus proche du sol (par exemple, 1,5 m pour la réception portable).

2.13 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 adjacents et par la part pertinente des signaux provenant d'émetteurs du réseau SFN à l'étude qui sont reçus en dehors de

l'intervalle de garde (autobrouillage). Ce champ est le résultat de la somme 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, car les obstacles causant les réflexions ne sont pas forcément stationnaires, et en raison des effets troposphériques, 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. Les signaux brouilleurs doivent être pris en compte pour une probabilité de temps de 1%.

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 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 dû à la différence de fréquence et des caractéristiques d'émission différentes sur la fréquence utilisée pour les mesures;
- en mettant l'émetteur ou le réseau SFN utiles hors circuit au cours de la mesure.

À titre de variante, on peut mesurer le TEB ou le taux MER aux points de réception auxquels la synchronisation est possible en procédant à une évaluation indirecte du rapport entre le champ utile et le champ brouilleur (C/I).

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.

2.14 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 indique 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($\mu\text{V}/\text{m}$), ce qui signifie que la probabilité qu'à un emplacement **quelconque** de cette zone, le champ réel soit au moins égal à 42 dB($\mu\text{V}/\text{m}$) est de 50%.

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

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

Il s'agit du champ médian nécessaire pour la réception d'une variante d'un système donnée, 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 pour la DVB-T et le Rapport UIT-R BT.2254 pour la DVB-T/2, les valeurs du champ médian sont données pour une hauteur de 10 m au-dessus du sol et une probabilité de couverture des emplacements de 50%.

La planification des réseaux garantit que le champ minimal utile est atteint, au moins théoriquement, pour l'ensemble de la zone de couverture, suivant, par exemple, la puissance rayonnée par l'émetteur, la hauteur de l'antenne d'émission, la topographie du terrain, la morphologie (le cas échéant, par exemple pour la réception portable) et les hypothèses concernant l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments (réception portable en intérieur).

2.16 Réseau MFN

MFN est l'abréviation de «réseau multifréquence», c'est-à-dire un réseau dont les émetteurs utilisent, à l'intérieur de la zone de couverture, un certain nombre de fréquences différentes.

2.17 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 (voir GE06) et de 6 dB pour un récepteur DVB-T2 grand public (voir le Rapport UIT-R BT.2254).

2.18 Champ utile minimal (équivalent) (E_{min})

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.

2.19 Gain du réseau

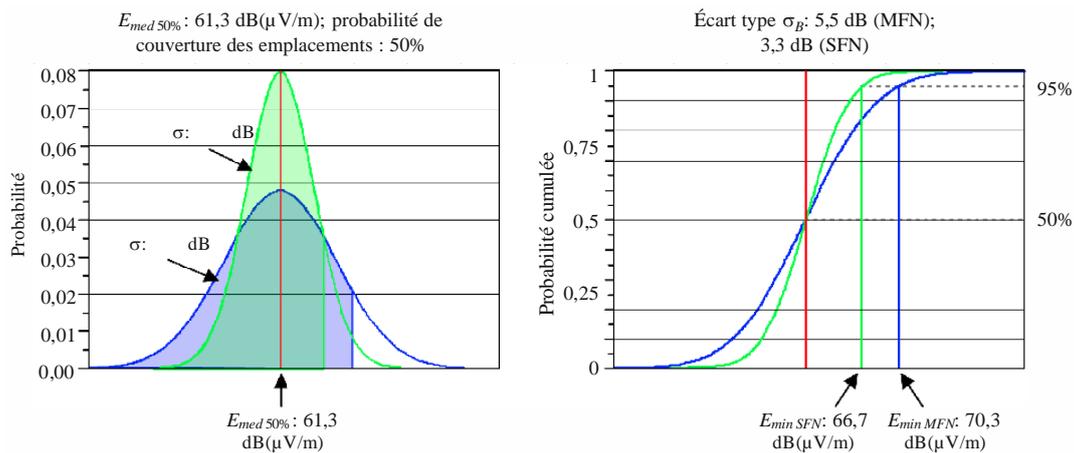
Si les signaux émis par de multiples émetteurs utiles à l'intérieur d'un réseau SFN peuvent être reçus pendant l'intervalle de garde, la qualité de la réception pourra être améliorée et le champ minimal requis de chaque émetteur, réduit. Le gain du réseau n'est toutefois pas simplement la somme des champs utiles émanant de tous les émetteurs acceptables. Il représente également 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 dans le même canal permet généralement une distribution plus homogène des valeurs de champ dans la zone de couverture. L'écart type, σ de ces valeurs est plus faible.

Exemple (hypothèse destinée uniquement à expliquer la manière de procéder): Aux termes d'accords internationaux, la valeur du champ médian minimal, E_{med} , pour une variante de système particulière peut être 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% peut être 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 (voir la Fig. 3).

FIGURE 3
Gain du réseau



SM.1875-03

2.20 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, et est nécessaire pour que le récepteur décode correctement les signaux. Les rapports de protection requis pour la radiodiffusion DVB-T sont indiqués dans l'Accord GE06. Pour la DVB-T/2, ils sont indiqués dans le Rapport UIT-R BT.2254. Ils dépendent notamment 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).

2.21 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 (voir la base de données des termes et définitions de l'UIT-R). 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.

Pour la DVB-T/2, le TEB correspondant après le codage LDPC est de 10^{-7} .

Ces valeurs sont couramment utilisées dans les textes de l'UIT-R (par ex., l'Accord GE06).

2.22 Champ reçu

Le champ reçu est le résultat de la somme des composantes 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.

2.23 Scénarios de réception

Les scénarios de réception ci-après ont été définis:

- 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 3 présente certains des principaux paramètres et caractéristiques utilisés pour ces scénarios de réception.

TABLEAU 3

Scénarios de réception de la DVB-T/T2 et paramètres correspondants

	FX	PO	PI	MO
Emplacement du récepteur	À l'extérieur de bâtiments	À l'extérieur de bâtiments	À l'intérieur de bâtiments	Toits de voiture, en mouvement
Antenne, gain	Directive, 7 dBd à 200 MHz 10 dBd à 500 MHz 12 dBd à 800 MHz	Equidirective, –2,0 dBd à 200 MHz 0 dBd dans la bande des ondes décimétriques	Equidirective, –2,0 dBd à 200 MHz 0 dBd dans la bande des ondes décimétriques	Equidirective, –2,0 dBd à 200 MHz 0 dBd dans la bande des ondes décimétriques
Hauteur de l'antenne	10 m au-dessus du sol ⁽¹⁾	1,5 m au-dessus du sol	1,5 m au-dessus	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 Écart type: VHF 3 dB Ondes décimétriques: 5,5 dB	0 dB

⁽¹⁾ Les outils de planification prennent toujours pour hypothèse une hauteur d'antenne de 10 m au-dessus du sol pour la réception fixe. Afin d'obtenir une évaluation réaliste de la probabilité de réception aux emplacements où la hauteur moyenne des toits est supérieure à 10 m, les mesures peuvent également être effectuées à 1,5 m au-dessus du niveau moyen des toits.

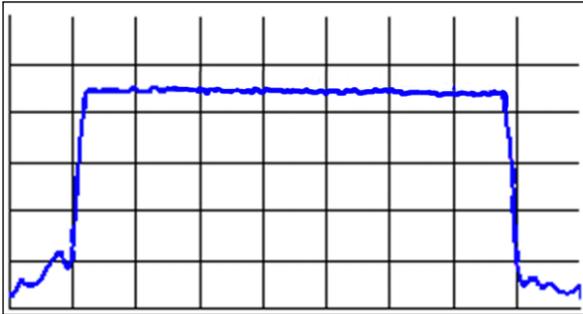
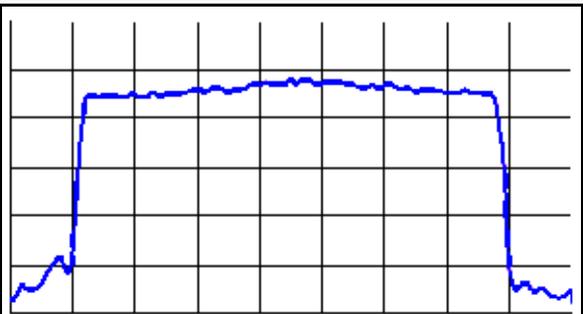
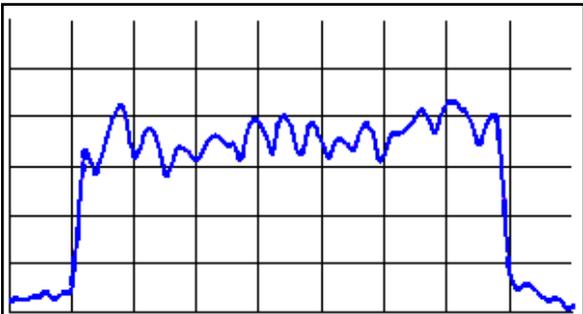
2.24 Canal de réception

Le canal de réception idéal est un canal gaussien (voir le Tableau 4 ci-dessous). En raison des réflexions, de l'effet d'ombrage et de la réception de signaux provenant de multiples émetteurs d'un réseau SFN, les fréquences reçues peuvent être dégradées par rapport à un canal gaussien. Le niveau de cette dégradation détermine le canal de réception, comme indiqué dans le Tableau 4.

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/T2.

TABLEAU 4

Canaux de réception DVB-T/T2

<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>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>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>	

Il est important de déterminer le type du canal de réception lors de la mesure du champ DVB-T/T2 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.

2.25 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).

2.26 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 à la combinaison de la composante du signal reçue directement et:

- de signaux provenant d'autres émetteurs fonctionnant dans le même canal et appartenant au même réseau SFN;
 - des réflexions du signal provenant du même émetteur,
- qui sont reçus **en dehors** de l'intervalle de garde.

2.27 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 du SFN d'un niveau inférieur à C/I parviennent au récepteur de chacun des emplacements de réception de la zone de couverture visée pour ce réseau au bon moment pour ce qui est de l'intervalle de garde (voir le § 2.11). Pour ce faire, on peut, par exemple :

- choisir la variante de système;
- choisir un intervalle de garde qui correspond à la distance maximale entre deux émetteurs voisins à l'intérieur du réseau SFN ou choisir des émetteurs pour lesquels la distance maximale correspond à la longueur maximale ou recherchée de l'intervalle de garde;
- ajuster la puissance apparente rayonnée et/ou le diagramme d'antenne pour un ou plusieurs émetteurs (si nécessaire), et
- prévoir un délai de propagation adapté, également appelé délai statique, pour un ou plusieurs émetteurs (si nécessaire).

2.28 Écart type

L'écart type est la racine carrée 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:
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Écart 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.

2.29 Écart type des amplitudes spectrales (σ_{sp})

Il a été établi de manière expérimentale que les écarts types des amplitudes spectrales (voir § 2.27), mesurés en unités logarithmiques (dB(μ V) ou dBm) correspondent aux valeurs σ_{sp} indiquées au § 2.24 (Canal de réception).

2.30 Correction σ_{sp} (C σ)

La valeur du rapport C/N nécessaire donnée dans des documents internationaux pertinents, tels que l'Accord GE06 et le Rapport UIT-R BT.2254, 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/T2 (σ_{sp}). Eu égard aux textes internationaux, il est supposé, dans la présente Recommandation, que σ_{sp} a les valeurs suivantes:

TABLEAU 5

Écart 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 (3 dB), et au-delà de ces valeurs. Suivant le canal de réception, la valeur de C_{σ} peut également être négative.

Les graphiques de la Pièce jointe 2 fournissent quelques exemples de valeurs de correction σ_{sp} .

2.31 Petite zone

Une «petite zone» est une zone dans laquelle on suppose que la valeur du champ et les conditions de réception sont identiques (par ex., la variation en fonction de l'emplacement n'est pas prise en compte et on utilise à la place la valeur médiane). Elle est utilisée pour transformer les mesures effectuées en des emplacements donnés en une évaluation de la situation à l'intérieur d'une zone. Les mesures du champ, du canal de réception et du TEB sont effectuées en un ou plusieurs emplacements à l'intérieur de la petite zone. Si les mesures sont faites en plusieurs emplacements, on calcule les valeurs médianes. On suppose que les résultats sont valables pour l'ensemble de la petite zone.

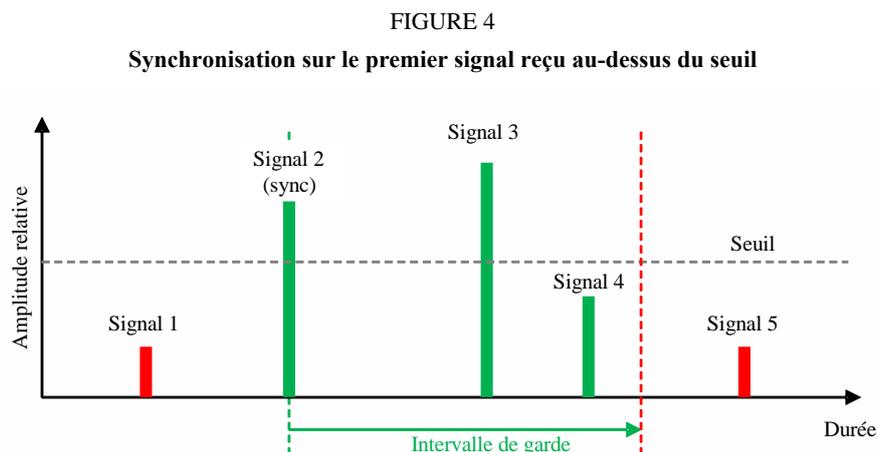
2.32 Émetteur de substitution

Il s'agit d'un émetteur occupant le même emplacement et utilisant une antenne ayant la même polarisation et environ la même hauteur que l'émetteur devant 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.

2.33 Synchronisation

En raison des distances différentes, un symbole provenant d'émetteurs différents appartenant à un réseau SFN parvient au récepteur avec des temps de propagation et des niveaux différents. Cet effet peut également se produire dans les réseaux MFN du fait des phénomènes de réflexion.

Pour la démodulation, le récepteur se synchronise sur l'un de ces signaux. Différentes stratégies sont possibles. Aux fins de la présente Recommandation, on suppose que le récepteur se synchronise sur le premier signal reçu au-dessus d'un certain seuil. Un exemple est donné ci-dessous.



SM.1875-04

Le signal utilisé pour la synchronisation est le signal 2. Ce signal détermine en outre la position de l'intervalle de garde. Les signaux 2, 3 et 4 sont traités comme des signaux utiles et contribuent à la capacité de décodage. Les signaux 1 et 5 arrivent en dehors de l'intervalle de garde et sont traités comme des signaux brouilleurs.

2.34 Variante de système

Plusieurs paramètres du système DVB-T/T2 peuvent être choisis en fonction des besoins du service à fournir (par ex., débit de données, mode de réception, etc.). La série de paramètres sélectionnée détermine la variante de système (à l'exception de la largeur de bande RF). Les principales variables sont indiquées dans le Tableau 6.

TABLEAU 6

Principaux paramètres utilisés pour définir la variante du système DVB-T/T2

Paramètres	DVB-T	DVB-T2
Largeur de bande en radiofréquence	6 MHz, 7 MHz, 8 MHz	1,7 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz
Nombre de sous-porteuses	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Modulation par sous-porteuse	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-256
Débit de codage	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Intervalle de garde	1/8, 1/4, 1/16, 1/32	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
Rotation du diagramme de constellation	Non	Oui
Mode porteuse étendue	Non	Non/Oui
Schéma de pilotes	Fixe	Variable (PP1 à PP8)

* Il est toujours considéré que la largeur de bande RF est une partie de la variante de système.

2.35 Champ utile

Le champ utile est le champ total reçu d'un émetteur ou d'un réseau utile 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

Les Pièces jointes 1 à 4 décrivent différentes méthodes permettant de mesurer et d'évaluer la couverture du service DVB-T/T2.

La Pièce jointe 1 décrit une méthode permettant de vérifier les zones de couverture prévues pour la réception fixe. Cette méthode repose sur le principe selon lequel les mesures effectives ne sont effectuées qu'à l'intérieur de certaines zones d'essai. Les zones d'essai se trouvent dans des villages ou des villes situés à la périphérie de la couverture prévue. En évaluant les mesures du champ effectuées en plusieurs emplacements à l'intérieur des zones d'essai, on compare la situation réelle concernant la couverture et la zone de couverture prévue. Si la couverture mesurée est équivalente ou supérieure aux prévisions dans les zones d'essai, on peut supposer qu'il en est de même dans l'ensemble de la zone de service de l'émetteur ou du réseau DVB-T/T2.

La Pièce jointe 2 décrit une méthode permettant de vérifier les zones de couverture prévues pour la réception portable. Cette méthode repose sur le principe selon lequel un grand nombre d'échantillons de champ sont prélevés pendant que le véhicule circule le long des routes situées à l'intérieur de certaines zones d'essai. Les zones d'essai se trouvent dans des villages ou des villes situées dans des régions où les conditions de réception sont changeantes, c'est-à-dire de «(bonne) réception» à «pas de réception» (limite de la zone de couverture prévue). Après avoir appliqué plusieurs corrections (par exemple pour le trajet de réception et pour tenir compte du fait que la réception portable est mesurée par un équipement mobile), on compare le pourcentage d'échantillons du champ mesuré dépassant le champ minimal requis au pourcentage de couverture prévu à l'intérieur de la zone d'essai. Si la couverture mesurée est équivalente ou supérieure aux prévisions dans les zones d'essai, on peut supposer qu'il en est de même pour l'ensemble de la zone de service de l'émetteur ou du réseau DVB-T/T2.

La Pièce jointe 3 décrit une méthode simplifiée permettant de déterminer la limite de couverture d'un émetteur ou d'un réseau DVB-T/T2 pour la réception fixe. Cette méthode repose sur le principe selon lequel les mesures du champ sont effectuées le long des trajets situés loin ou en direction de l'(des)émetteur(s). On calcule une courbe du champ en fonction de la distance qui correspond le mieux aux résultats des mesures. La distance à laquelle cette courbe du champ atteint le champ minimal requis conformément aux critères de planification détermine la limite de couverture de l'émetteur ou du réseau DVB-T/T2. Cette méthode est particulièrement efficace lorsqu'on dispose de prévisions de couverture, étant donné que les points de mesure ne peuvent être choisis qu'autour de la limite de couverture prévue. Toutefois, en principe, elle fonctionne également si l'on ne dispose pas au préalable d'informations sur la zone de couverture.

La Pièce jointe 4 décrit une méthode permettant de vérifier la couverture réelle dans certaines zones présentant un intérêt. Il peut s'agir par exemple de régions dans lesquelles le terrain n'est pas homogène et les modèles de propagation ne sont pas fiables, ou de localités dans lesquels des problèmes ont été signalés en ce qui concerne la réception DVB-T/T2. Cette méthode repose sur le principe selon lequel les mesures du champ et du TEB sont effectuées dans plusieurs petites zones sur une grille de mesure placée dans la zone considérée. Lorsque le champ minimal requis est atteint ou dépassé et que le TEB pertinent est suffisamment faible, on considère que la petite zone est couverte. Si cette méthode est utilisée pour étudier des zones dans lesquelles des brouillages sont signalés, il n'est pas nécessaire de disposer d'informations sur les prévisions de couverture.

Dans le cas de la réception fixe, il n'existe pas de méthode unique pour optimiser les mesures de la couverture pour toutes les conditions de mesure possibles. Selon le type de réseau DVB-T/T2 (monofréquence (SFN) ou multifréquence (MFN)), la taille de la zone de couverture, le terrain, la présence ou l'absence de brouillages et l'objectif de la mesure, l'une des méthodes décrites dans les Pièces jointes 1, 3 et 4 pourrait être considérée comme mieux adaptée que les deux autres méthodes pour les mesures de la couverture DVB-T/T2 et la comparaison avec les prévisions de couverture. On trouvera dans le tableau ci-dessous des renseignements qui fourniront des orientations quant à l'applicabilité des différentes méthodes de mesure.

TABLEAU 7

Comparaison des méthodes de mesure pour la réception fixe

Sujet/question	Méthode décrite dans la Pièce jointe 1	Méthode décrite dans la Pièce jointe 3	Méthode décrite dans la Pièce jointe 4
Prévision de couverture	Nécessaire	Pas nécessaire, mais facilite considérablement les mesures	Pas toujours nécessaire, dépend de l'objectif des mesures
Applicable aux réseaux SFN	Oui	Pour l'essentiel oui, mais les opérations de mesure augmentent avec le nombre d'émetteurs dans le réseau SFN	Oui
Opérations de mesure	Nombreuses pour obtenir une bonne précision, dépend du nombre de zones d'essai	Peu nombreuses, en particulier s'il existe des prévisions de couverture	Nombreuses
Terrain de la zone de couverture	Tout type de terrain	De préférence plat	Tout type de terrain

Il est nécessaire de prendre en considération les questions ci-après associées aux méthodes de mesure recommandées:

- a) Il se peut que les méthodes décrites dans la Pièce jointe 3 ne permettent pas d'évaluer correctement la dégradation de la réception due à l'autobrouillage, étant donné qu'il n'est pas toujours possible de séparer le champ utile du champ brouilleur. La méthode présentée dans la Pièce jointe 4 permet de mesurer indirectement les valeurs du champ brouilleur au moyen de l'évaluation du TEB. Si la réception n'est pas possible ou si le TEB est trop élevé aux emplacements où la valeur du champ utile est suffisante, cela ne peut s'expliquer qu'en raison de signaux brouilleurs, qu'il s'agisse de brouillages externes ou d'autobrouillage.
- b) Le gain du réseau dans un réseau SFN qui est calculé à partir de la distribution des champs mesurés selon les méthodes décrites dans les Pièces jointes 1 et 3 peut être différent du gain du réseau pris pour hypothèse dans les outils de planification.
- c) Les mesures du TEB dépendent par nature du récepteur DVB-T/T2 utilisé, et en particulier du facteur de bruit de ce récepteur. Pour réduire au minimum ces effets, des mesures doivent être effectuées pour obtenir une valeur maximale du facteur de bruit du récepteur total de 6 à 7 dB, conformément à la valeur retenue dans la planification. Pour ce faire, on peut par exemple insérer un amplificateur externe à faible bruit en face du récepteur de mesure.

- d) Les outils de planification ne permettent pas d'effectuer des prévisions des réflexions du signal utile aux points de mesure, mais ces réflexions sont incluses dans les résultats des mesures. Leurs effets peuvent être de type constructif ou destructif, en fonction du retard par rapport au signal direct ou d'autres réflexions.

C'est pourquoi les résultats de la couverture mesurée à certains points ou zones de réception peuvent être différents de la zone de couverture prévue, bien que l'on puisse considérer la prévision comme réaliste.

Pièce jointe 1 à l'Annexe

Vérification de la prévision de couverture pour la réception fixe

A1.1 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. Dans la méthode décrite dans la présente Pièce jointe, les mesures ne sont effectuées que dans un certain nombre de zones d'essai proches de la limite de la zone de couverture prévue de l'émetteur DVB-T/T2 ou du réseau SFN, afin d'en maintenir la quantité à un niveau réaliste. On extrapole la couverture mesurée à l'intérieur des zones d'essai pour vérifier la couverture prévue pour l'ensemble du réseau. Le nombre de zones d'essai devrait être suffisant pour que l'extrapolation offre la précision requise.

Les zones d'essai devraient de préférence être situées:

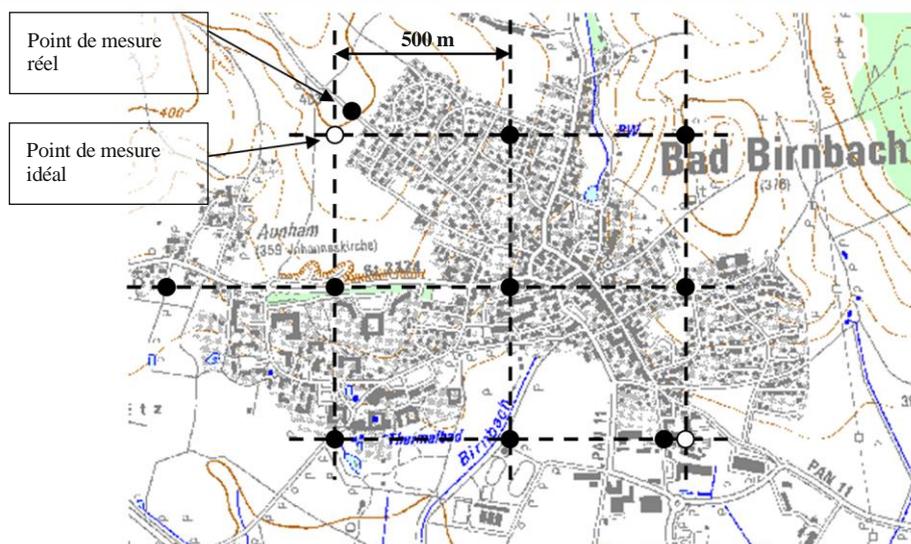
- à la limite de la zone de couverture prévue;
- dans les régions à forte densité de population, sans tenir compte des régions dans lesquelles aucune réception n'est nécessaire;
- dans les régions présentant différents types de terrains (vallonnés ou plats);
- dans différentes directions à partir de l'émetteur ou du réseau DVB-T/T2.

Le nombre de zones d'essai retenues dépend:

- des différences de terrain dans la zone de couverture prévue et autour de cette zone;
- de la précision requise de l'évaluation de la couverture;
- de l'effort de mesure maximal possible.

Pour déterminer les emplacements de mesure, un maillage formé de carrés ou de triangles de 500 m de côté est placé au-dessus de chaque zone d'essai (voir la Fig. 5).

FIGURE 5
Points de mesure (réception fixe)



SM.1875-05

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.

A1.2 Équipement de mesure nécessaire

L'équipement nécessaire à la vérification des prévisions de couverture de la radiodiffusion DVB-T/T2 en mode de réception fixe est le suivant:

TABLEAU 8

Équipement nécessaire à la vérification de la réception fixe de signaux DVB-T/T2

	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 sol, système de localisation (par exemple, GPS)
Récepteur 1	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 de valeur efficace

TABLEAU 8 (fin)

	Type d'équipement	Fonctions requises, observations
Récepteur 2	Récepteur de mesure DVB-T/T2	Facteur de bruit compris entre 6 et 7 dB* Capable de mesurer les niveaux à partir du diagramme de réponse impulsionnelle
Antenne	Log périodique ou Yagi	Fixée au mât du véhicule servant aux mesures Caractéristiques aussi proches que possible des caractéristiques UIT-R BT.419 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

* Si le facteur de bruit du récepteur de mesure dépasse les 6 à 7 dB, un amplificateur à faible bruit doit être appliqué devant le récepteur, afin que le facteur de bruit total du système de mesure se situe dans cette plage.

A1.3 Informations requises

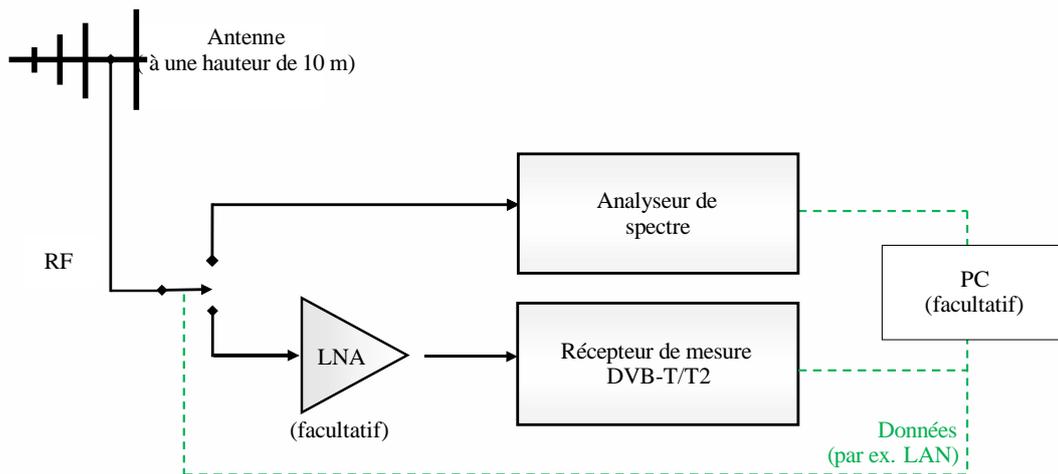
Les informations techniques ci-après concernant l'émetteur DVB-T/T2 doivent être connues avant que les mesures soient effectuées. Dans le cas d'un réseau SFN, ces informations sont requises pour chaque émetteur du réseau.

- Fréquence centrale
- Coordonnées géographiques du ou des émetteurs
- Polarisation
- Variante de système
- Décalage temporel relatif.

A1.4 Montage de mesure

Le montage ci-après est utilisé pour effectuer les mesures.

FIGURE 6
Montage de mesure type (réception fixe)



SM.1875-06

A1.5 Méthode de mesure

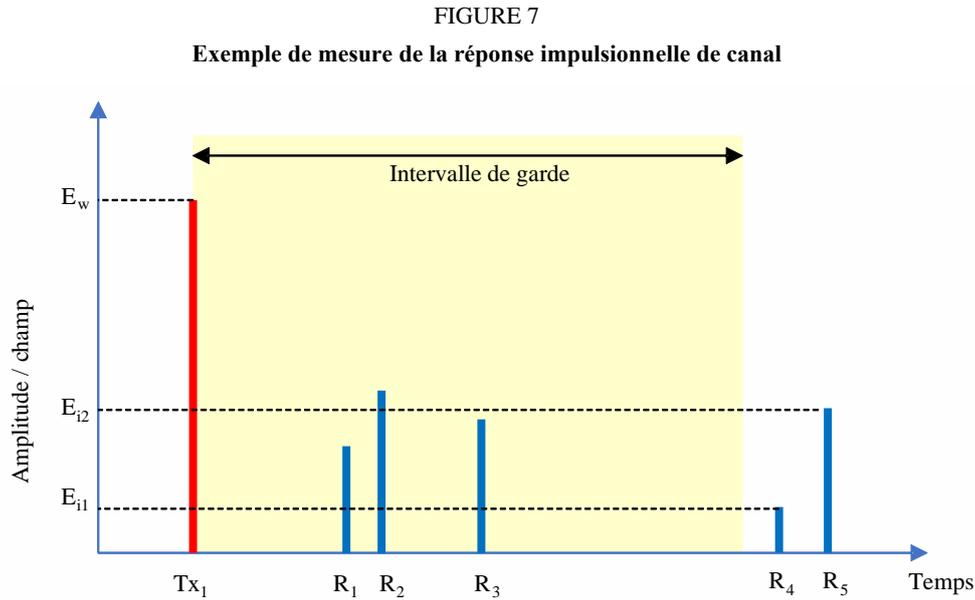
À l'emplacement de mesure, l'antenne est pointée dans la direction nominale en direction de l'émetteur à une hauteur de 10 m avec la même polarisation que l'émetteur. Dans le cas d'un réseau SFN, il doit s'agir de l'émetteur fournissant le niveau de signal le plus élevé à l'emplacement de mesure.

On effectue la première mesure en réglant le récepteur de mesures DVB-T/T2 de la manière suivante:

- fréquence: fréquence centrale du canal DVB-T/T2;
- mode de mesure: réponse impulsionnelle du canal.

Si la synchronisation est possible, on peut supposer que la plus grande crête correspond au signal direct de l'émetteur utile. Le champ de cette crête est mesuré comme étant le champ utile E_w .

Les champs de chaque crête située en dehors de l'intervalle de garde sont mesurés et indiqués E_{i1} à E_{in} .



SM.1875-07

Les crêtes à l'intérieur de l'intervalle de garde qui sont dues aux réflexions ne sont pas ajoutées au champ utile car on suppose qu'elles ne sont pas fiables et stables.

Si le récepteur DVB-T/T2 n'est pas capable d'effectuer la synchronisation pour quelque direction d'antenne/émetteur SFN que ce soit, l'emplacement de mesure n'est pas couvert. Si des informations supplémentaires concernant la raison sont nécessaires, des mesures additionnelles sont décrites au § A1.4.

Étant donné que les valeurs minimales du champ pour la radiodiffusion DVB-T/T2 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.

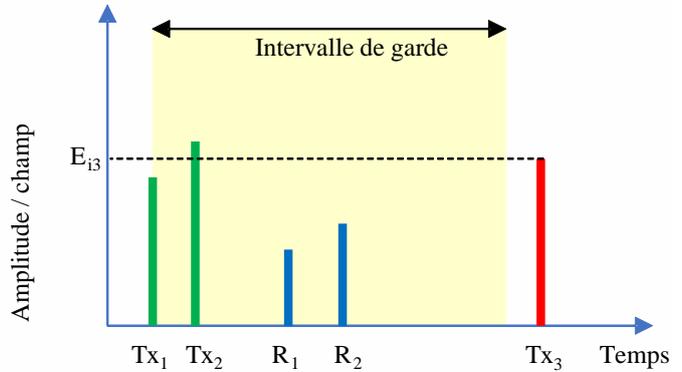
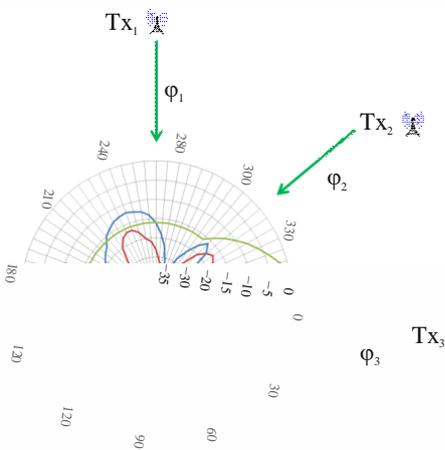
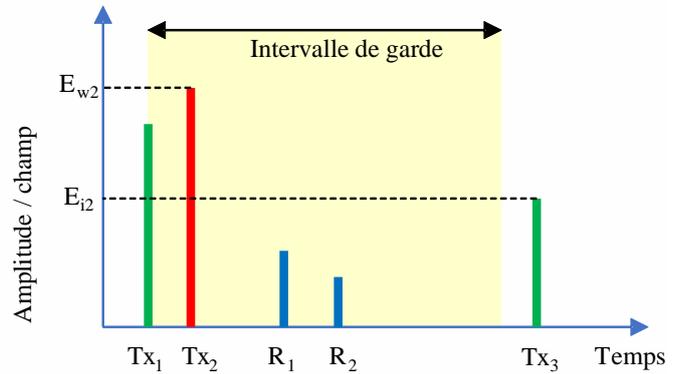
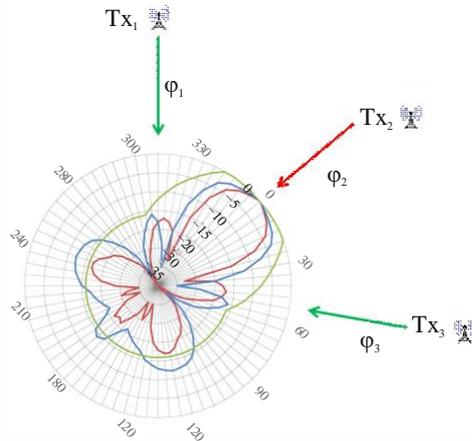
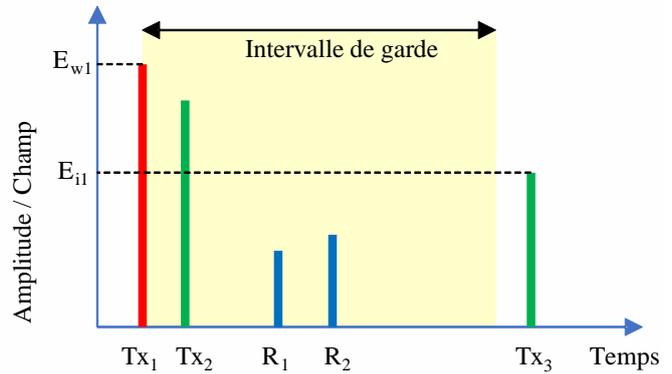
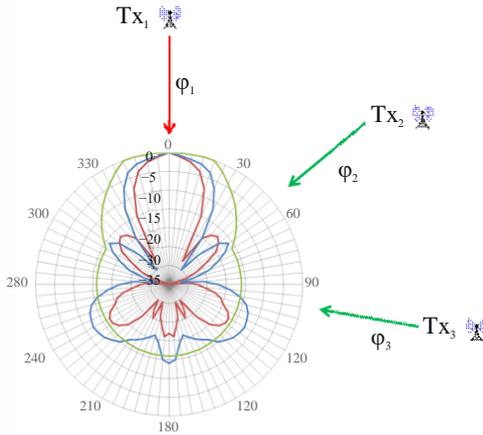
Cette mesure est effectuée en réglant l'analyseur de spectre de la manière suivante:

- Excursion: bande passante exacte du système DVB-T/T2
- Bande passante de résolution: 30 kHz
- Détecteur: de valeur efficace
- Mode de tracé: en clair
- Temps de balayage: ≥ 200 ms
- Unité: dB(μ V) ou dBm.

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.

Dans le cas d'un réseau SFN, il faut répéter la mesure après avoir pointé l'antenne dans la direction de chaque émetteur du réseau. Les directions nominales vers ces émetteurs sont calculées à partir des coordonnées connues pour ces émetteurs et des coordonnées de l'emplacement de mesure. Il est possible de repérer les crêtes du signal (qui peuvent être plus basses) provenant des différents émetteurs du réseau SFN en calculant la différence en distance par rapport à la distance avec le premier émetteur, compte également tenu du décalage temporel connu pour chaque émetteur du réseau. La Figure 8 montre un exemple avec trois émetteurs d'un réseau SFN.

FIGURE 8
Exemple de mesure du champ dans un réseau SFN avec trois émetteurs



SM.1875-08

Dans cet exemple, le récepteur se synchronise toujours sur la première crête. Le signal provenant de l'émetteur Tx3 arrive en dehors de l'intervalle de garde et est donc considéré comme un signal

brouilleur. Ce cas de figure est possible si l'emplacement de mesure se situe en dehors de la zone de couverture prévue pour le réseau SFN. En conséquence, la mesure en direction de l'émetteur Tx₃ ne fournit aucun champ utile.

Le canal de réception doit être déterminé séparément pour chaque direction.

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 9.

TABLEAU 9

Distance entre points de mesure voisins

Canal de réception	Champ utile mesuré (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

A1.6 Brouillages externes

Les mesures effectuées avec le récepteur DVB-T/T2 permettent uniquement de détecter les signaux brouilleurs provenant de l'émetteur utile ou du réseau (autobrouillage). Le champ reçu relatif des signaux provenant des émetteurs adjacents (dans le cas d'un réseau MFN) ou d'autres réseaux SFN est normalement inférieur à la discrimination de l'antenne de mesure, auquel cas ces signaux ne peuvent être mesurés séparément. Toutefois, ils sont évalués indirectement étant donné que le récepteur DVB-T/T2 doit être capable de se synchroniser pour la mesure. Si la synchronisation n'est pas possible, la raison peut être que le niveau du signal utile n'est pas suffisant ou que le niveau du signal brouilleur est trop élevé. Dans les deux cas, on considère que le point de mesure n'est pas couvert.

S'il est nécessaire de déterminer pourquoi la synchronisation n'est pas possible, l'autre méthode de mesure ci-après peut être appliquée.

Avec l'antenne de mesure pointée en direction de l'émetteur utile (dans le cas d'un réseau SFN, de tous les émetteurs utiles séparément), on mesure le champ total du ou des émetteurs avec l'analyseur de spectre réglé comme de la manière suivante:

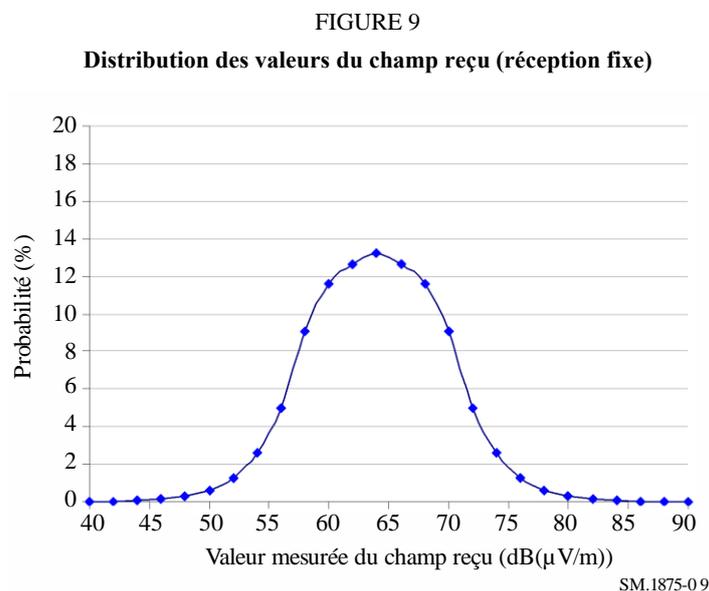
- Excursion: bande passante du système DVB-T/T2
- Bande passante de résolution: 30 kHz
- Détecteur: de valeur efficace.
- Mode de tracé: en clair
- Temps de balayage: ≥ 200 ms
- Mode de mesure: puissance dans le canal.

Si la valeur corrigée de σ_{sp} dépasse le champ minimal requis pour le système DVB-T/T2, on suppose que l'échec de la synchronisation (et, partant, la raison pour laquelle l'emplacement de mesure n'est pas couvert) s'explique par des brouillages externes trop élevés, ou des niveaux trop forts provenant des canaux adjacents. Dans certaines situations, il est possible de mesurer le niveau des brouillages causés par un émetteur dans le même canal en détournant l'antenne du ou des émetteurs utiles et en recherchant un autre niveau maximal local. Si besoin est, une antenne de mesure avec une plus grande directivité pourra être utilisée pour cette mesure.

A1.7 Analyse des résultats

A1.7.1 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. 9. 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).



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.

Il est à souligner que la courbe de distribution des valeurs de champ requise donnée dans le présent paragraphe ne peut être utilisée que pour des zones suffisamment éloignées de la station d'émission et ayant des contours de forme quasiment carrée ou circulaire; s'il en est autrement, cette condition peut ne pas être remplie.

A1.7.2 Correction pour le canal de réception

Comme indiqué au § 2.24, des valeurs différentes du rapport C/N et/ou des champs minimaux requis sont données dans des accords internationaux, tels que l'Accord GE06 pour la radiodiffusion DVB-T/T2, 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 la Pièce jointe 5 (correction σ_{sp}). Cette correction peut être positive ou négative. 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 donnée dans les documents de l'UIT-R.

Dans le cas d'un réseau SFN, la même valeur pour la correction σ_{sp} s'applique à toutes les crêtes des signaux mesurées dans une direction φ .

A1.7.3 Correction pour la probabilité temporelle des signaux brouilleurs

Si d'importants signaux brouilleurs ont été reçus, y compris l'autobrouillage d'un réseau SFN, les valeurs des mesures du champ brouilleur effectuées de manière aléatoire sont considérées comme ayant une probabilité temporelle de 50%. En général, la couverture DVB-T/T2 est planifiée pour une probabilité temporelle de 1% pour les signaux brouilleurs. Dans le cas de brouillages externes (signaux provenant d'un autre émetteur dans un réseau MFN ou d'autres réseaux SFN), aucune correction n'est nécessaire car ils n'ont été évalués que de manière indirecte du fait de l'obligation de synchronisation pendant la mesure. Si la synchronisation n'a pas été possible en réseau de brouillages externes trop importants, on considère que l'emplacement de mesure n'est en aucun cas couvert. Dans le cas d'autobrouillages, ces valeurs doivent être corrigées afin de tenir compte d'une probabilité temporelle de 99%.

Dans un réseau SFN, la distance par rapport à la source du signal brouilleur peut être calculée avec le décalage temporel mesuré dans le diagramme de réponse impulsionnel. La correction à appliquer peut ensuite être déterminée à l'aide de la Recommandation UIT-R P.1546.

Pour les réseaux MFN, des brouillages peuvent se produire en raison d'une mauvaise planification du réseau et de réflexions. Dans ces cas, la distance par rapport à la source du signal brouilleur est inconnue et il n'est pas possible de déterminer la correction exacte à partir de la Recommandation UIT-R P.1546. Pour ce cas de figure, on suggère une correction de 10 dB qui doit être ajoutée aux champs mesurés. Cette valeur correspond à la différence moyenne pour des probabilités temporelles de 50% et 1% pour les trajets terrestres à 600 MHz indiqués dans la Recommandation UIT-R P.1546.

A1.7.4 Calcul du champ total

Dans le cas de réseaux SFN, pour chaque direction de mesure φ , les crêtes provenant des différents émetteurs (reçues à l'intérieur de l'intervalle de garde) sont corrigées de l'affaiblissement de directivité de l'antenne de référence pour le décalage angulaire avec lequel le signal arrive.

Exemple présenté dans la Fig. 8 pour un réseau SFN à trois émetteurs dans la bande IV (ondes décimétriques): on suppose que le signal provenant de l'émetteur Tx_1 est le plus fort, de sorte que φ_1 serait la direction préférée de l'antenne d'un client. Le signal provenant de l'émetteur Tx_1 arrive dans le lobe principal de l'antenne et son champ E_1 n'est pas corrigé. Le signal provenant de Tx_2 arrive avec un angle relatif de 50 degrés. L'affaiblissement de l'antenne de référence pour cet angle est de 12 dB (voir la Fig. 1). On calcule le champ E_2 en prenant la crête du signal de l'émetteur Tx_2 , mesurée dans la direction φ_2 , à laquelle on retire 12 dB. Le champ E_3 est la crête de l'émetteur Tx_3 , mesurée dans la direction φ_3 , à laquelle on retire 16 dB.

Si l'un quelconque des émetteurs du réseau SFN a une polarisation différente de celle de l'émetteur principal, son champ est réduit des valeurs de la discrimination combinée due à la directivité et à la polarisation orthogonale données dans les Tableaux 1 et 2.

Dans le cas de réseaux MFN, les mesures ont été effectuées uniquement dans une direction et les réflexions n'ont pas été intégrées puisqu'il n'est pas possible de supposer qu'elles sont fiables et stables dans le temps. Par conséquent, le champ utile total est la crête principale du signal mesurée à l'intérieur de l'intervalle de garde, et le champ brouilleur total est la somme de toutes les crêtes mesurées en dehors de l'intervalle de garde.

La somme de multiples champs mesurés E_{sum} est l'addition linéaire décrite par l'équation suivante:

$$E_{sum} = 10 \log \left(10^{E_1/10} + 10^{E_2/10} + \dots + 10^{E_n/10} \right)$$

Les signaux brouilleurs sont corrigés et ajoutés de la même manière.

A1.7.5 Décision concernant la question de savoir si un point de mesure est ou non couvert

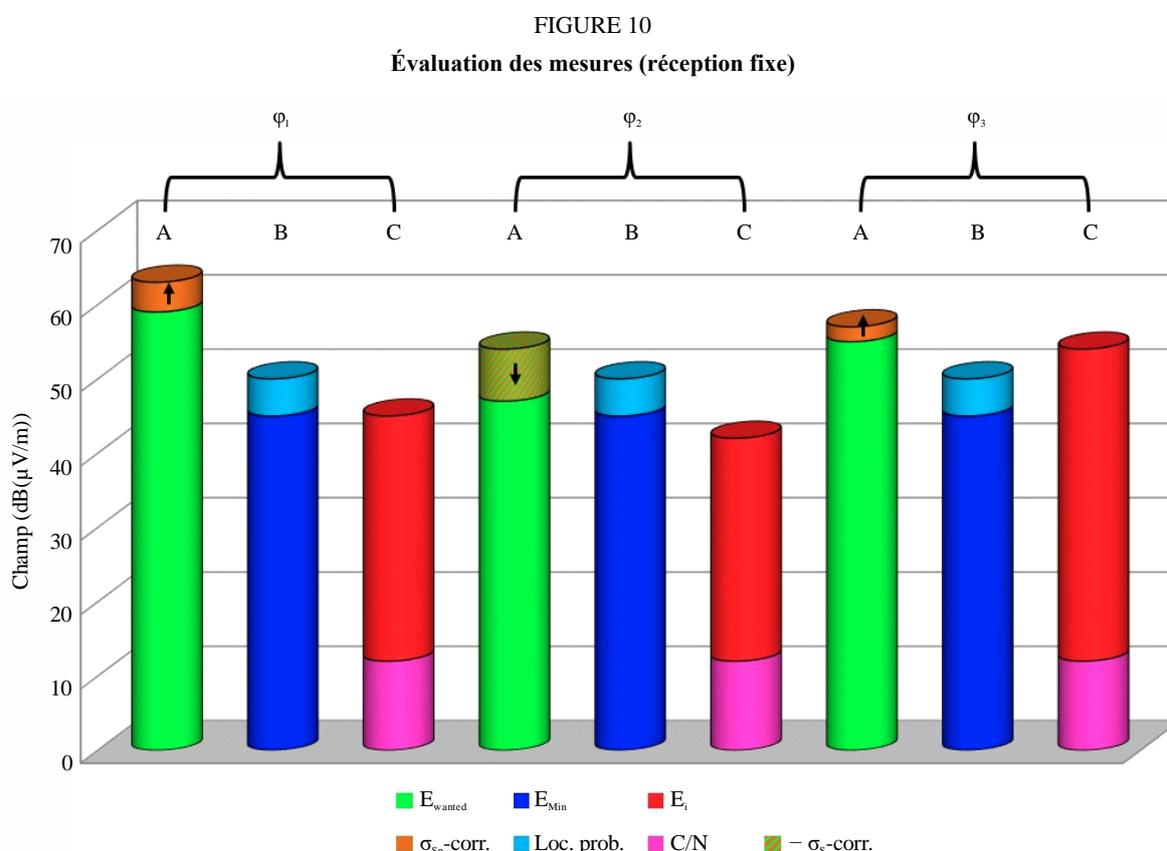
Si le récepteur DVB-T/T2 n'a pas réussi à se synchroniser (dans le cas d'un réseau SFN, si aucune synchronisation n'est possible dans aucune direction), l'emplacement de mesure n'est pas couvert.

Lorsque la synchronisation a été possible, le résultat corrigé obtenu doit être évalué séparément pour chaque emplacement de mesure (dans le cas d'un réseau SFN également pour chaque direction ϕ).

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 valeur mesurée du champ utile E_{sum} , application de la correction σ_{sp} comprise. (Blocs A dans la Fig. 10).
- 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 la Pièce jointe 5. (Blocs B dans la Fig. 10).
- La somme du champ brouilleur mesuré et du rapport de protection requis pour le service (Blocs C dans la Fig. 10).

Ces éléments sont présentés à la Fig. 10 avec l'exemple d'un réseau SFN à trois émetteurs.



SM.1875-10

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%. Dans l'exemple ci-dessus, la réception est possible dans les directions ϕ_1 et ϕ_3 . Pour la direction ϕ_1 , on peut supposer qu'il n'y a pas de réception, bien que le champ utile mesuré dépasse les deux autres blocs, car dans cette direction, la correction σ_{sp} est

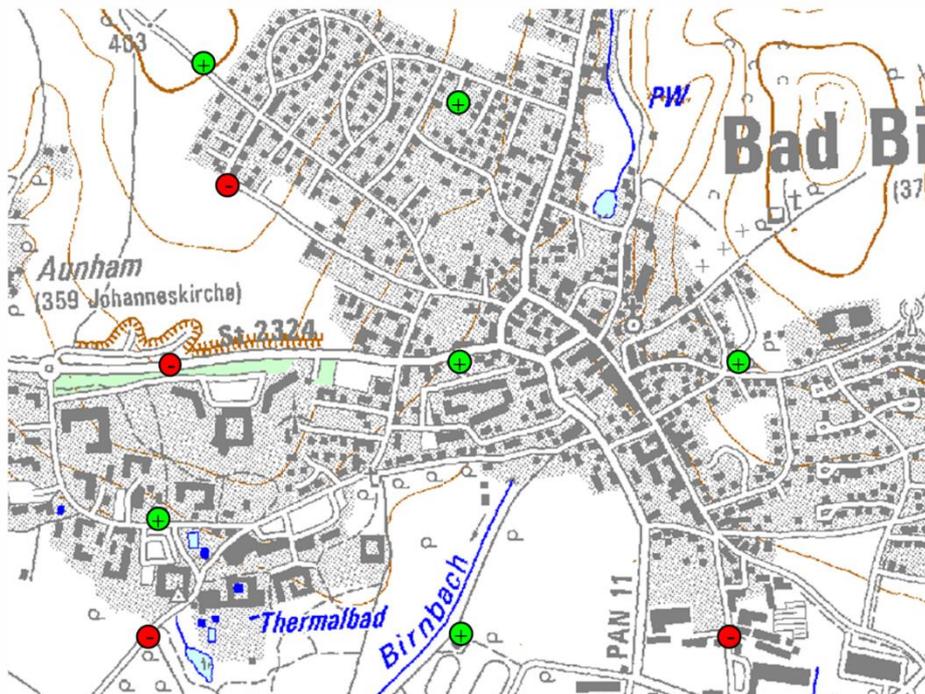
négative. Si la couverture doit être évaluée pour d'autres probabilités d'emplacement, la correction de 50 à 95% doit être remplacée par la valeur équivalente correspondant à la probabilité requise.

A1.8 Présentation des résultats

La méthode de présentation qui s'impose consiste à inscrire les résultats sur une carte, comme illustré à la Fig. 11. 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 nœuds d'un quadrillage à mailles de 250 m.

FIGURE 11

Résultats des mesures (réception fixe)



SM.1875-11

À 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. 12.

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

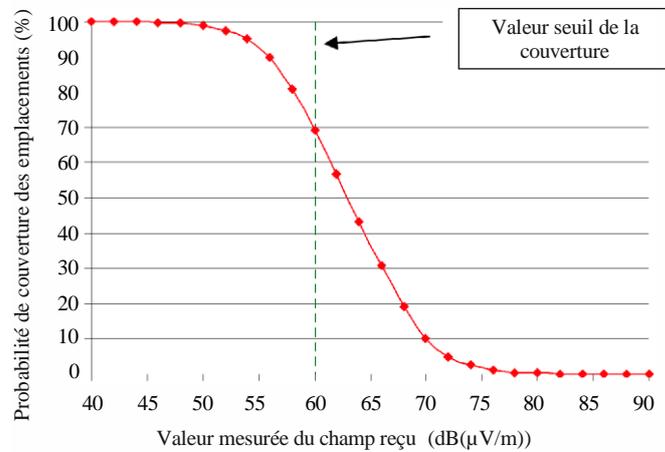
- La somme de la valeur mesurée du champ brouilleur et de celle du rapport de protection requis pour le service (correspondant au bloc qui représente le «brouilleur» sur la Fig. 10).
- La somme de la valeur minimale du champ utile (E_{min}) et de la correction à appliquer pour la probabilité de couverture des emplacements requise (C_1), conformément à la Pièce jointe 5 (correspondant au bloc A «calculé» sur la Fig. 10).

Dans l'exemple donné à la Fig. 12, 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 12

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



SM.1875-12

A1.9 Vérification de la couverture prévue

La comparaison entre la couverture mesurée et la couverture prévue est effectuée de la façon suivante:

- 1) Calculer le pourcentage de couverture conformément aux outils de planification A_p dans chaque zone d'essai.
- 2) Calculer le pourcentage de petites zones dans la grille de mesure initiale (voir la Fig. 5) de chaque zone d'essai qui a été mesurée telle qu'elle est couverte (A_c = points verts sur la Fig. 11 par rapport au nombre total de petites zones dans la grille de mesure).
- 3) Comparer A_p et A_c pour chaque zone d'essai. Si $A_c \geq A_p$, la zone d'essai concernée est couverte dans une mesure au moins équivalente à celle prévue dans la planification.

Si l'on part du principe que le nombre de zones d'essai est suffisant et que leur emplacement est considéré comme représentatif du terrain dans lequel la couverture doit être assurée, et si le pourcentage de couverture prévue est atteint ou dépassé pour la majorité des zones d'essai, on suppose que la zone de couverture totale de la station ou du réseau DVB-T/T2 est au moins aussi grande que la zone de couverture prévue.

Pièce jointe 2 à l'Annexe

Vérification de la prévision de couverture pour la réception portable

A2.1 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.

La méthode de mesure porte sur la mesure du signal utile uniquement. Les signaux brouilleurs provenant d'autres émetteurs ou réseaux peuvent être négligés pour les raisons suivantes:

- Le champ requis pour la réception portable est bien plus élevé que pour la réception fixe. La limite de la zone de couverture pour la réception portable sera par conséquent normalement déterminée par le champ minimal requis plutôt que par un rapport C/I insuffisant.
- Les mesures sont effectuées au niveau d'une antenne de seulement 1,5 m, d'où la faible probabilité que des signaux provenant d'émetteurs (brouilleurs) lointains soient reçus avec un champ suffisamment élevé pour influencer sur le résultat.

Néanmoins, des signaux forts dans des canaux adjacents pourront être pris en compte dans le processus de planification et les prévisions pourront ensuite indiquer que certaines zones ne seront pas couvertes. Ces rares cas pourront se traduire par des zones où la mesure montre une couverture, mais où la bonne réception avec des récepteur DVB-T/T2 grand public n'est pas possible.

Il est important de noter que les exigences de la réception portable sont différentes de celles de la réception mobile. Étant 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 la Pièce jointe 5.

Exemple:

Pour la radiodiffusion DVB-T, l'Accord GE06 indique 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, $\sigma_{sp} = 3$ à 500 MHz (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 la Pièce jointe 5), ce qui donne une valeur médiane minimale du champ à 10 m de 58,2 dB(μ V/m).

Pour la radiodiffusion DVB-T2, le Rapport UIT-R BT.2254 indique également les valeurs du champ médian minimal (E_{med}) pour la réception portable en extérieur (en intérieur et en extérieur) pour une variante de système prise à titre d'exemple. On peut calculer les chiffres correspondant pour d'autres variantes de système en échangeant les valeurs du rapport C/I .

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.

A2.2 Équipement de mesure nécessaire

L'équipement nécessaire à la vérification des prévisions de couverture de la radiodiffusion DVB-T/T2 en mode de réception portable est le suivant:

TABLEAU 10

Équipement nécessaire à la vérification de la réception portable de signaux DVB-T/T2

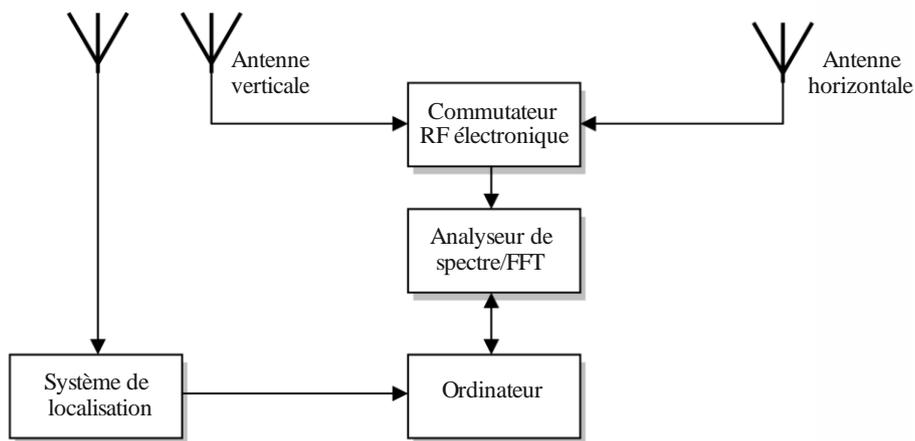
	Type d'équipement	Fonctions requises, observations
Installation générale	Véhicule servant aux mesures	Plusieurs antennes peuvent être fixées au toit à 1,5 m environ au-dessus du sol Système de localisation (par exemple, GPS)
Récepteur (grand public)	Analyseur de spectre	Interface pour le transfert de données vers des ordinateurs (par exemple, LAN, IEEE488.2) Mode de mesure de la puissance dans le canal Détecteur 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 équadirectives ⁽²⁾	Fixées sur le toit du véhicule de mesure Une 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: $\geq 40/s$
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

Notes du Tableau 10:

- (1) Étant 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 § 2.24).
- (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. 13.

FIGURE 13
Montage des équipements de mesure (réception portable au sein de réseaux SFN)



SM.1875- 13

Il est important de maintenir les brouillages dus aux équipements de mesure et au véhicule à un niveau inférieur à la sensibilité du système.

A2.3 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: 6 MHz, 7 MHz ou 8 MHz
- Bande passante de résolution: 30 kHz ou «automatique» (pas supérieure à 100 kHz)
- Détecteur: de valeur efficace
- 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: ≥ 6 MHz, 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:

- Excursion: bande passante exacte du système DVB-T/T2
- 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
- Temps de balayage: 200 ms
- Unité: dB(μ V) ou dBm.

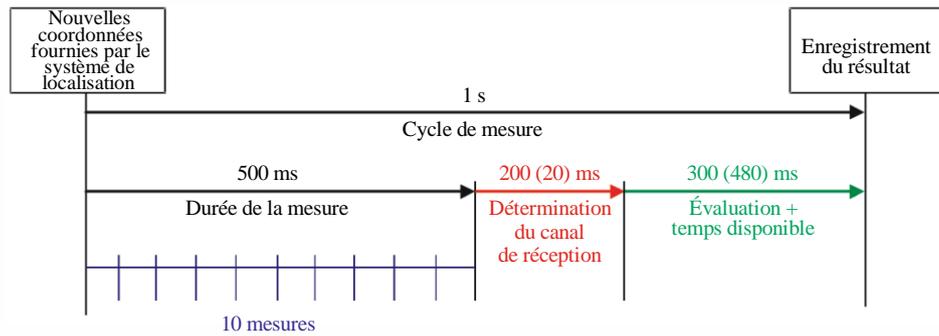
Il est particulièrement important, dans les mesures par équipement mobile, qui sont associées à des conditions de réception évoluant rapidement, de déterminer le canal de réception qui se rapproche le plus possible de la mesure du champ. Un récepteur/analyseur large bande réalisant une FFT peut enregistrer instantanément toutes les fréquences de la DVB-T/T2, permettant ainsi de réduire considérablement le temps nécessaire aux mesures; il est donc recommandé de l'utiliser avec les réglages suivants:

- Bande passante à capter: ≥ 6 MHz, 7 MHz ou ≥ 8 MHz (largeur de bande du canal)
- Excursion utilisée: bande passante exacte du système DVB-T/T2
- 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. 14 illustre le rythme de base d'un cycle de mesure.

FIGURE 14

Rythme de base des émetteurs/réseaux n'utilisant qu'une seule polarisation
(réception portable)

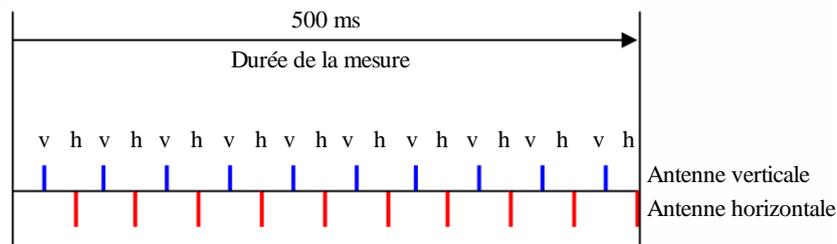


SM.1875-14

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. 15 montre le rythme nécessaire (à la mesure du champ uniquement).

FIGURE 15

Rythme de mesure des réseaux SFN à polarisation mixte
(réception portable)



SM.1875-1 5

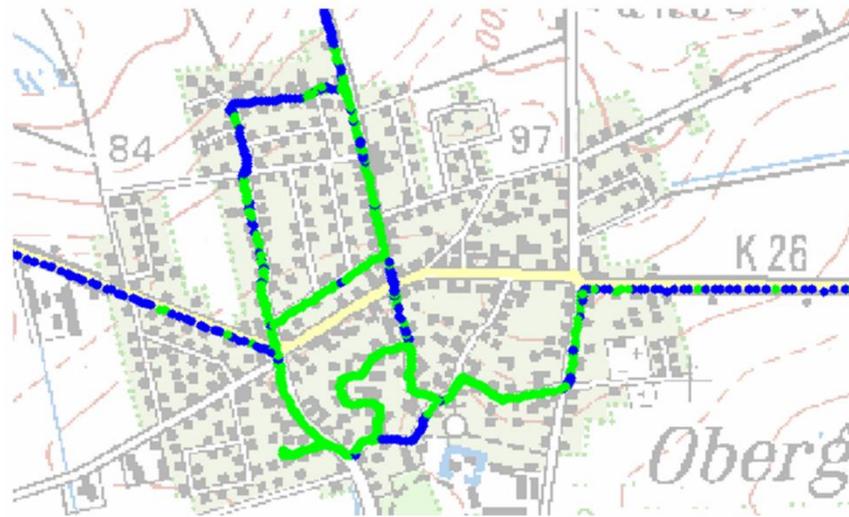
Dans les réseaux SFN à polarisation mixte, les canaux de réception doivent également être mesurés séparément dans les deux plans. Cette opération ne laisse que 100 ms de temps disponible et de temps de traitement si un analyseur de spectre à balayage est utilisé, contre 460 ms si l'on a recours à un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

A2.4 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 3 dB 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. 16, 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 17
Résultats des mesures (réception portable)



SM.1875-17

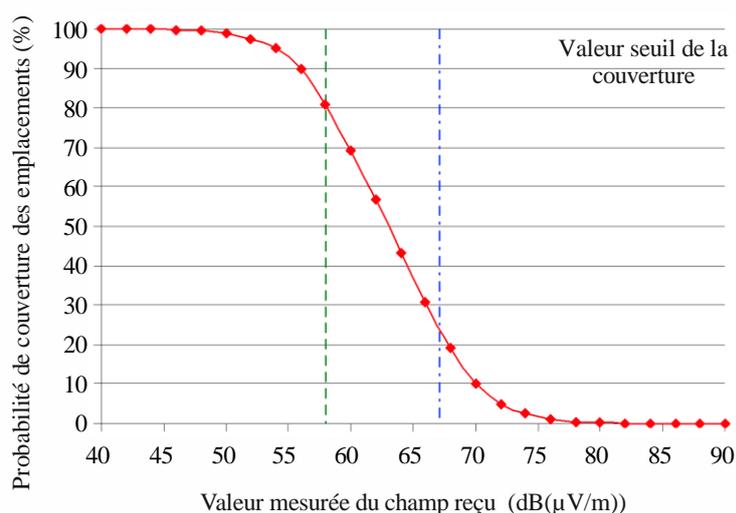
S'il n'a pas été possible d'afficher directement le canal de réception au cours des mesures, on peut déterminer par la suite si la distribution des valeurs de champ était homogène à l'intérieur de la zone de mesure. Il faut, pour ce faire, représenter sur un graphique semblable à celui de la Fig. 9, 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. 18.

FIGURE 18

Probabilité mesurée de couverture des emplacements (réception portable)



SM.1875-18

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.

Pièce jointe 3 à l'Annexe

Méthode simplifiée permettant de déterminer la limite de couverture des émetteurs et des réseaux DVB-T/T2

A3.1 Introduction

La méthode décrite dans la présente Pièce jointe définit une procédure permettant de déterminer la zone de couverture d'une station DVB T/T2 pour la réception fixe, sur la base de la mesure de la valeur du champ dans certaines directions à partir de l'émetteur. Cette méthode peut être considérée comme une méthode simplifiée, en ce sens qu'elle nécessite moins de mesures que la méthode décrite dans la Pièce jointe 1, en particulier dans les conditions suivantes:

- le réseau DVB-T/T2 est un réseau MFN;
- le ou les émetteurs sont équipés d'antennes équidirectives;
- le terrain de la zone de couverture est relativement plat (absence de collines créant d'importantes zones d'occultation).

Il serait utile de disposer au préalable d'informations sur la zone de couverture prévue pour mettre en œuvre cette méthode.

Cette méthode qui nécessite peu de mesures est particulièrement avantageuse lorsqu'on dispose de données provenant des prévisions de couverture.

A3.2 Paramètres mesurés du signal

Lors de la détermination de la zone de service d'une station d'émission de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre DVB-T/T2 pour la réception fixe dans un emplacement de réception, les paramètres du signal ci-après sont mesurés:

- champ électromagnétique;
- écart type des amplitudes spectrales σ_{sp} du signal DVB-T/T2.

A3.3 Équipements requis

Les mesures sont effectuées au moyen d'un système de mesure mobile ou transportable, qui comprend les équipements suivants:

- mât d'antenne de 10 m de hauteur;
- trépied d'antenne d'au moins 1,5 m de hauteur (voir les précisions au § A3.5);
- antenne de réception directive;
- câble d'antenne étalonné;
- récepteur/analyseur de mesure;
- récepteur de navigation;
- ordinateur.

Les caractéristiques des équipements sont données dans le Tableau 11.

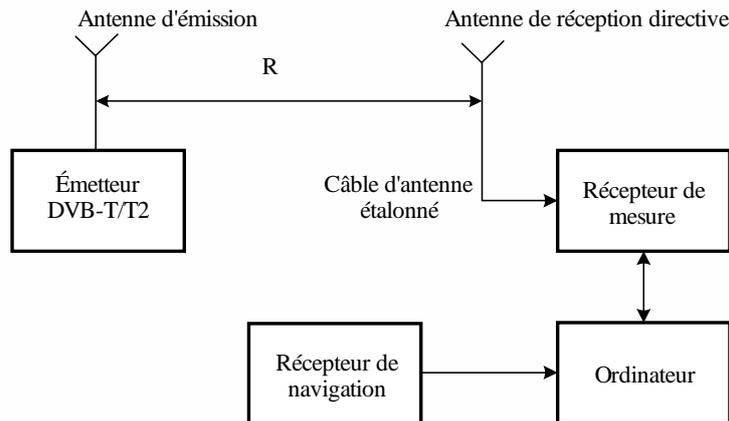
TABLEAU 11
Caractéristiques des équipements

Équipement	Caractéristiques
Dispositif(s) de mesure	Capacité d'analyse spectrale. Mesure de la puissance dans le canal Fonction «structure de l'écho» Interface pour le transfert de données vers l'ordinateur
Antenne de réception directive	Polarisation: rectiligne [2]. Gain d'antenne, au moins* [3]: 200 MHz: 7 dBd 500 MHz: 10 dBd 800 MHz: 12 dBd.
Câble d'antenne étalonné	Affaiblissement maximal dans la ligne d'alimentation*: 200 MHz: 2 dB 500 MHz: 3 dB 800 MHz: 5 dB.

* Ces valeurs sont tirées de la Recommandation UIT-R BT.1368 et correspondent aux valeurs prises pour hypothèse dans les outils de planification.

Le schéma de connexion des équipements est représenté sur la Fig. 19.

FIGURE 19
Schéma de connexion des équipements



SM.1875-1 9

A3.4 Planification des mesures

Dans un premier temps, on pourrait utiliser un modèle de propagation des ondes radioélectriques pour déterminer les limites de la couverture pour une station DVB-T/T2 donnée (par exemple celui de la Recommandation UIT-R P.1546 ou de la Recommandation UIT-R P.1812).

Puis, compte tenu de la présence de routes et d'autoroutes, on choisit plusieurs directions radiales à partir de la station DVB-T/DVB-T2 aux fins des mesures. Il doit y avoir au moins 4 directions radiales pour tracer la courbe de la limite de la zone de couverture mesurée sur une carte numérique.

Pour chaque direction radiale, on définit l'emplacement des petites zones (zones d'environ 100 m × 100 m).

L'emplacement de la première petite zone doit satisfaire aux exigences suivantes:

- la petite zone doit être en visibilité directe de la station DVB-T/T2;
- la petite zone doit se trouver dans le lobe vertical principal de l'antenne d'émission.

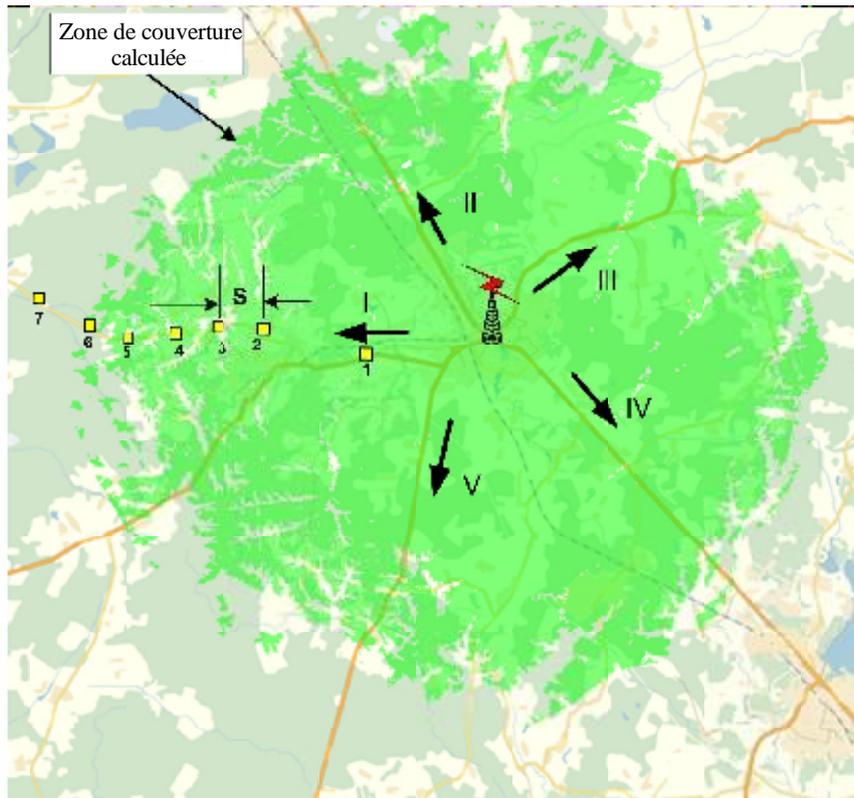
Les autres petites zones sont situées plus près de la limite de couverture calculée, à des distances S approximativement égales. Il est judicieux de choisir des petites zones se trouvant à l'intérieur ou à proximité de localités. Si les localités se trouvent à la fois aux sommets de collines et en plaine, les mesures devraient alors également être effectuées dans ces deux types de zones.

Il devrait y avoir au moins sept petites zones (Fig. 20). La précision de la détermination de la limite de couverture sera réduite si le nombre de petites zones est plus petit.

Le cas échéant, les emplacements des petites zones sont confirmés par des images satellite (par exemple Google Earth) ou par des visites préliminaires dans ces zones. Dans chaque petite zone, on prévoit au moins trois points de mesure ($N \geq 3$): Un point de mesure devrait se trouver au centre de la petite zone.

FIGURE 20

Exemple de planification des mesures



SM.1875- 20

A3.5 Procédure de mesure

À chaque emplacement de réception, il convient de mesurer les paramètres suivants:

- champ électrique;
- écart type σ_{sp} des amplitudes spectrales du signal DVB-T/T2.

Dans les zones rurales, l'antenne de réception est installée à une hauteur de 10 m. S'il n'est pas possible de trouver un emplacement de mesure sans obstruction dans la direction de l'émetteur, comme c'est le cas dans de nombreuses zones urbaines où la hauteur des toits dépasse 10 m, la mesure est effectuée sur les toits des bâtiments, l'antenne de réception étant installée sur un trépied.

L'antenne est orientée dans la direction du champ maximal reçu. Si ce champ maximal reçu provient de la direction de la station DVB-T/T2 correspondante, et en l'absence de perturbations extérieures provenant des équipements électriques ou électroniques, l'emplacement de mesure est considéré comme approprié.

On peut supposer qu'il n'y a pas de perturbations extérieures si les conditions suivantes sont remplies:

- aucune émission visible dans le spectre ne dépasse le niveau du signal utile DVB-T/T2;
- le niveau de bruit entre les canaux DVB-T/T2 utiles et adjacents («espaces vides» dans le spectre) est supérieur de moins de 3 dB au niveau de bruit du récepteur (mesuré lorsque l'antenne est déconnectée).

Dans les autres cas, il conviendra d'utiliser un autre emplacement de mesure à l'intérieur de la petite zone.

Les mesures sont effectuées en réglant le récepteur de mesure de la manière suivante (mode «analyseur de spectre»):

- fréquence centrale (FREQ): égale à la fréquence centrale nominale du canal de télévision;
- largeur de bande du canal: 8 à 10 MHz;
- largeur de bande de résolution (RBW): 30 kHz;
- largeur de bande du filtre vidéo (VBW): entre 100 et 300 kHz ($VBW \geq 3 RBW$);
- durée de balayage: 2 s;
- détecteur: RMS;
- Mode de tracé: en clair.

Trente mesures du champ doivent être effectuées et 30 écarts types des amplitudes spectrales σ_{sp} doivent être prélevés au cours d'une période d'une minute au moins. Les valeurs de σ_{sp} sont calculées conformément à la Pièce jointe 5. En conséquence, on utilise 30 mesures du champ, y compris la correction σ_{sp} , pour définir la valeur médiane du champ (dans le temps) (E_{med}^{loc}) à chaque emplacement de réception.

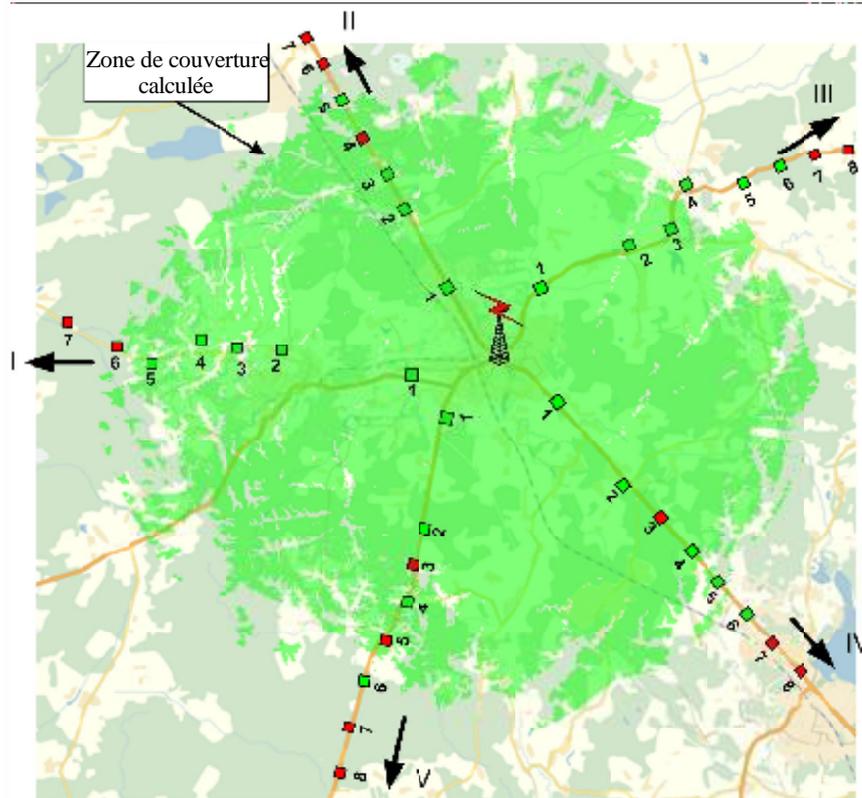
On calcule les valeurs de σ_{sp} chaque fois que le champ est mesuré. L'objectif est de supprimer les évanouissements rapides susceptibles d'avoir des incidences sur la forme du spectre du signal.

Si le champ obtenu (E_{med}^{loc}) est inférieur au champ minimal requis, il faut procéder à des mesures à d'autres emplacements prévus situés à l'intérieur de la petite zone. Pour chaque petite zone, on calcule une valeur médiane du champ $E_{med}^{small_area}$.

Une petite zone est considérée comme «couverte» si la valeur de $E_{med}^{small_area}$ dépasse la valeur requise du champ médian équivalent minimal E_{med} . En pareil cas, la petite zone est représentée par la couleur vert, sinon – par la couleur rouge. En général, si deux ou trois petites zones adjacentes remplissent la condition $E_{med}^{small_area} < E_{med}$, on peut considérer que les mesures dans cette direction radiale sont terminées (Fig. 21).

FIGURE 21

Exemples de résultats de mesures effectuées dans de petites zones



SM.1875-21

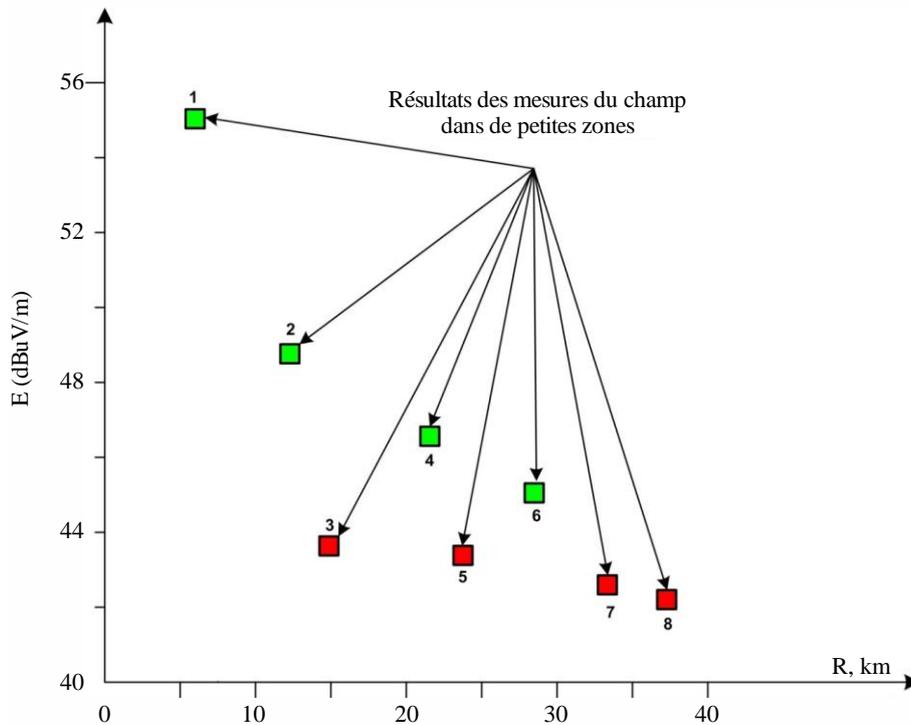
A3.6 Traitements des résultats des mesures

Pour chaque direction radiale, on prend les mesures suivantes:

- l'azimut final de la direction radiale est défini comme étant la moyenne arithmétique des azimuts des petites zones dans cette direction;
- les valeurs médianes du champ dans les petites zones sont portées sur un diagramme en fonction de la distance par rapport à l'émetteur $E^{\text{small_area}}_{\text{med}}(R)$ comme indiqué à la Fig. 22.

FIGURE 22

Exemples de résultats de mesures obtenus dans une seule direction radiale



SM.1875- 22

- 1) Une courbe donnant une approximation des valeurs du champ obtenues est définie par la formule:

$$E(d_i) = E(d_1) - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d_i / d_1), \tag{1}$$

où $E(d_1)$ et $E(d_i)$ sont les valeurs du champ (en dBuV/m) aux distances d_1 et d_i .

Dans la formule ci-dessus, la valeur de n est déterminée conformément à la méthode des moindres carrés de l'erreur d'approximation (LSA):

$$n = \frac{\sum_i [E(d_1) - E(d_i)] \times 10 \log \frac{d_i}{d_1}}{\sum_i \left[10 \log \frac{d_i}{d_1} \right]^2} \tag{2}$$

En espace libre, la valeur de n est égale à 2. En présence d'obstacles, la valeur de n augmente et se situe généralement entre 2 et 5.

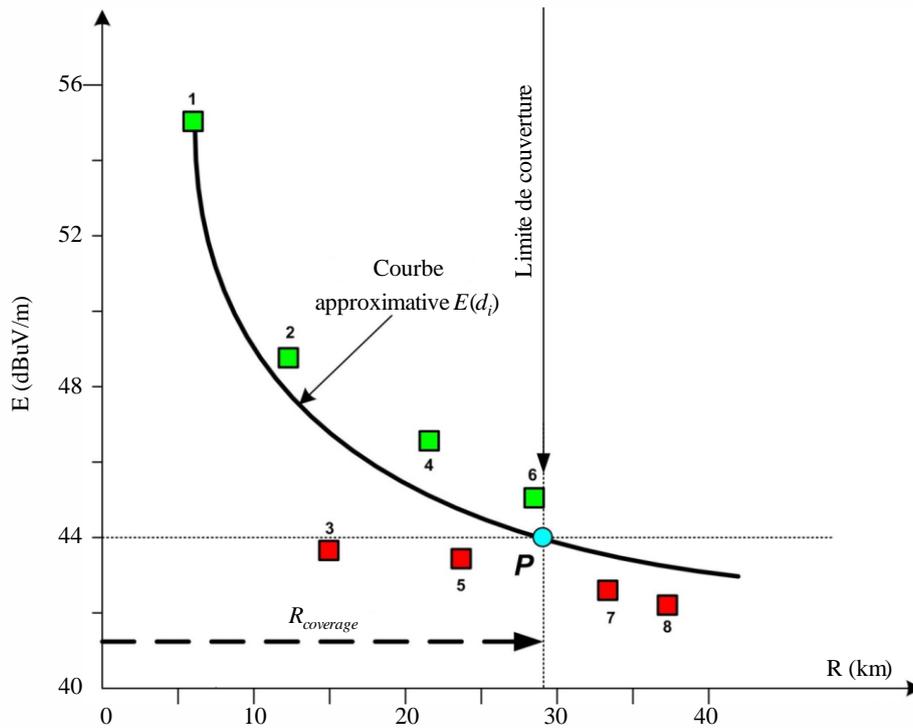
- 2) L'intersection entre la ligne horizontale, qui correspond à la valeur médiane minimale du champ, et la courbe approximative détermine l'emplacement estimé de la limite de couverture dans cette direction (voir la Fig. 23):

$$R_{Coverage} = d_1 \times 10^{\frac{E(d_1) - E_{med}}{10n}} \tag{3}$$

- 3) Les mesures 1 à 4 sont appliquées pour toutes les autres directions radiales qui ont été mesurées.

FIGURE 23

Exemple de traitement des résultats des mesures dans une seule direction radiale

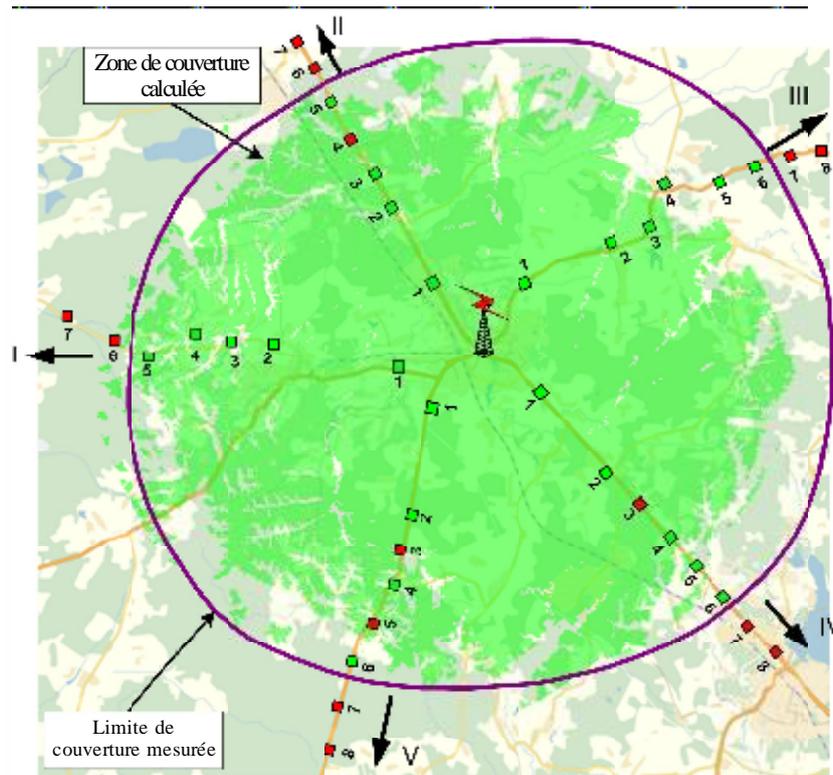


SM.1875- 23

Enfin, les points radiaux de la limite de couverture déterminée ci-dessus sont interconnectés par une courbe régulière, qui suit la forme de la limite de couverture calculée. La ligne de la limite de couverture mesurée qui est obtenue est tracée sur la carte (voir la Fig. 24). Comme dans l'exemple donné à la Fig. 24, la limite de couverture mesurée ne coïncide pas nécessairement avec la limite de couverture calculée dans toutes les directions.

FIGURE 24

Exemple d'affichage de la limite de couverture mesurée



SM.1875-2.4

A3.7 Mesures effectuées dans les réseaux SFN

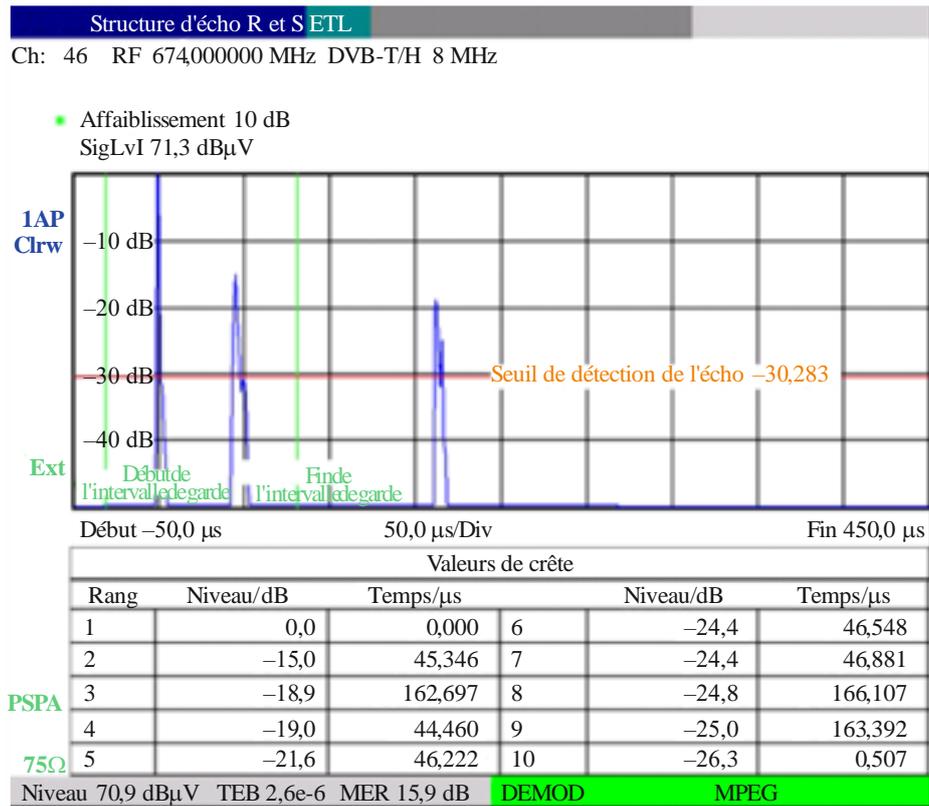
Dans les réseaux SFN, la limite de couverture est définie comme étant la somme des limites de toutes les stations DVB-T/T2 constituant ce réseau monofréquence.

Pour pouvoir appliquer la méthode décrite dans la présente Pièce jointe aux réseaux SFN, il faut mesurer séparément la limite de chacun des émetteurs SFN.

Pour que chaque emplacement de mesure soit fiable, le niveau du signal provenant de la station soumise aux essais doit être supérieur de plus de 10 dB au niveau des signaux provenant d'autres stations du même réseau SFN. On peut vérifier ce niveau en utilisant la mesure de la structure de l'écho indiquée à la Fig. 25. Dans l'exemple indiqué, l'écho provenant d'autres émetteurs est supprimé de 15 et 18 dB, ce qui est jugé comme suffisant pour que l'emplacement de mesure convienne.

FIGURE 25

Capture d'écran d'un dispositif d'affichage de récepteur de mesure (fonction «structure d'écho»)



SM.1875-2.5

Le cas échéant, on peut utiliser une antenne présentant un diagramme de directivité plus étroit.

Pièce jointe 4 à l'Annexe

Méthode de mesure de la couverture du service DVB-T/T2 pour la réception fixe dans des zones définies

A4.1 Introduction

La méthode décrite dans la présente Pièce jointe définit une procédure permettant de mesurer la zone de couverture d'un émetteur ou d'un réseau DVB-T/T2 pour vérifier qu'elle correspond aux prévisions de couverture utilisées au cours du processus de planification ou pour déterminer la condition de réception aux emplacements dans lesquels des brouillages ont été signalés. En pareil cas, la méthode offre un outil permettant de déterminer la zone de service, étant donné que les paramètres relatifs à la qualité de service sont également mesurés.

A4.2 Équipements requis

Les mesures sont effectuées au moyen d'un système de mesure mobile ou transportable, qui comprend les équipements suivants:

- mât d'antenne de 10 m de hauteur;
- trépied d'antenne d'au moins 1,5 m de hauteur (voir les précisions au § A4.4);
- antenne de réception directive;
- câble d'antenne étalonné;
- récepteur/analyseur de mesure;
- récepteur de navigation;
- ordinateur.

Les caractéristiques des équipements sont données dans le Tableau 12.

TABLEAU 12
Caractéristiques des équipements

Équipement	Caractéristiques
Récepteur de mesure	Fonction d'analyse spectrale Mesure de la puissance dans le canal Mesure du taux VBER pour la DVB-T Mesure du taux LBER pour la DVB-T2 Fonction «structure de l'écho» Interface pour le transfert de données vers l'ordinateur
Amplificateur à faible bruit	Gamme de fréquences minimale: 174-862 MHz L'amplification et le facteur de bruit permettent d'obtenir un facteur de bruit total ne dépassant pas 6 à 7 dB
Antenne de réception directive	Polarisation: verticale ou horizontale, en fonction de l'émetteur Gain d'antenne, au moins ⁽¹⁾ : 200 MHz: 7 dBd 500 MHz: 10 dBd 800 MHz: 12 dBd.
Câble d'antenne étalonné	Affaiblissement dans la ligne d'alimentation ⁽¹⁾ : 200 MHz: 2 dB 500 MHz: 3 dB 800 MHz: 5 dB.

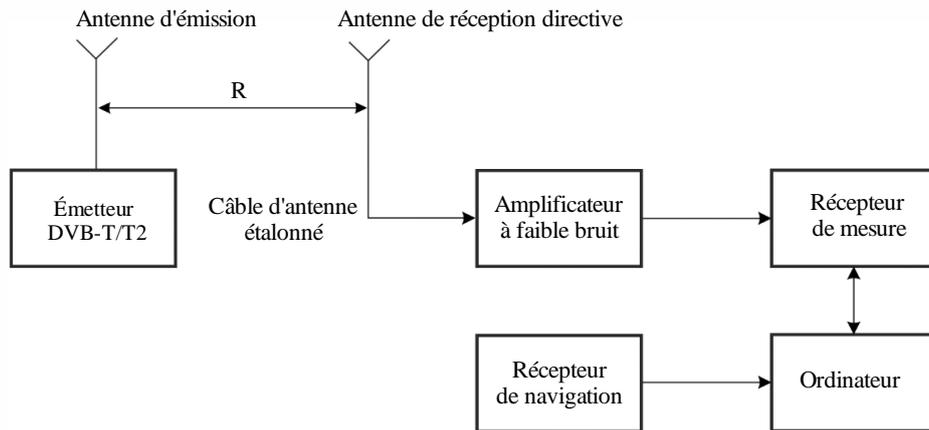
⁽¹⁾ Ces valeurs sont tirées de la Recommandation UIT-R BT.1368 et correspondent aux valeurs retenues dans les outils de planification

NOTE – Il convient d'utiliser un amplificateur à faible bruit lorsque le facteur de bruit d'un récepteur de mesure est supérieur au facteur de bruit d'un récepteur de référence (6 à 7 dB conformément à la Rec. UIT-R BT.2036-2).

Le schéma de connexion des équipements est représenté sur la Fig. 26.

FIGURE 26

Schéma de connexion des équipements



SM.1875- 26

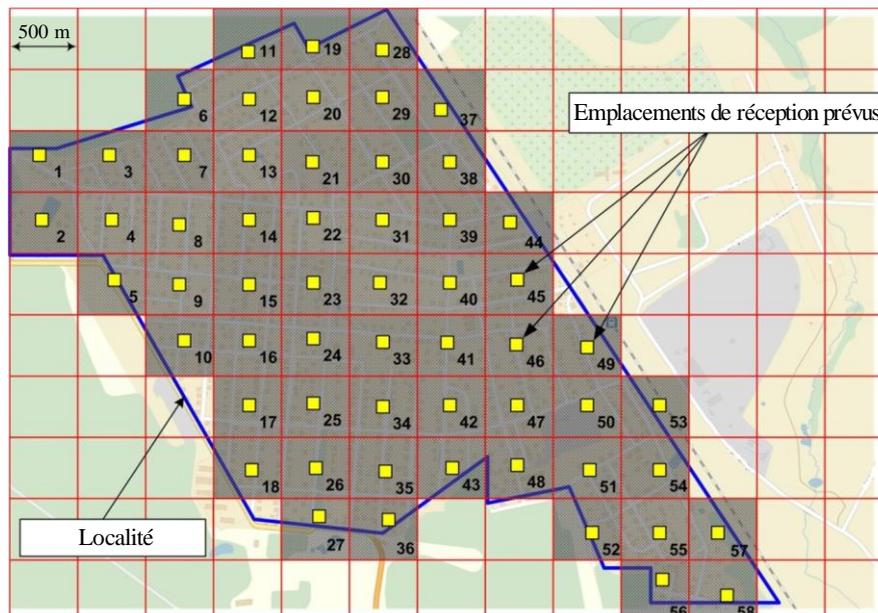
A4.3 Planification des mesures

Un quadrillage à mailles («cellules») de 500 m de longueur est placé au-dessus de la zone d'essai (appelé «quadrillage d'essai») et est tracé sur la carte.

Le quadrillage d'essai doit couvrir complètement la zone d'essai. Les points de mesure ou les emplacements de réception sont signalés comme indiqué à la Fig. 27. Le nombre d'emplacements de réception dans différentes cellules du quadrillage d'essai peut varier.

FIGURE 27

Exemple de représentation d'un quadrillage d'essai



SM.1875-2 7

Le cas échéant, on pourrait vérifier les emplacements de mesure pour déterminer s'il est possible d'y installer des équipements de mesure en ayant recours à des images satellites (par exemple Google Earth) ou en se rendant dans ces emplacements avant de commencer les mesures.

A4.4 Procédure de mesure

À chaque emplacement de mesure, il convient de mesurer les paramètres suivants du signal:

- champ électrique;
- écart type σ_{sp} des amplitudes spectrales du signal DVB-T/T2;
- taux d'erreur sur les bits mesuré après le décodeur Viterbi (VBER) pour la DVB-T ou taux d'erreur sur les bits mesuré après le décodeur LDPC (LBER) pour la DVB-T2.

Dans les zones rurales, l'antenne de réception est installée à une hauteur de 10 m. S'il n'est pas possible de trouver un emplacement de mesure sans obstruction dans la direction de l'émetteur, comme c'est le cas dans de nombreuses zones urbaines où la hauteur des toits dépasse 10 m, la mesure est effectuée sur les toits des bâtiments, l'antenne de réception étant installée sur un trépied.

L'antenne est orientée dans la direction du champ maximal reçu. Si ce champ maximal reçu provient de la direction de la station DVB-T/T2 correspondante, et en l'absence de perturbations extérieures provenant des équipements électriques ou électroniques, l'emplacement de mesure est considéré comme approprié.

On peut supposer qu'il n'y a pas de perturbations extérieures si les conditions suivantes sont remplies:

- aucune porteuse à bande étroite ou porteuse à ondes entretenues visible dans le spectre ne dépasse le niveau du signal utile DVB-T/T2;
- le niveau de bruit entre les canaux DVB-T/T2 utiles et adjacents («espaces vides» dans le spectre) est supérieur de moins de 3 dB au niveau de bruit du récepteur (mesuré lorsque l'antenne est déconnectée).

Dans les autres cas, il conviendra d'utiliser un autre emplacement de mesure situé à l'intérieur de la zone de la cellule.

Les mesures sont effectuées en réglant le récepteur de mesure de la manière suivante (mode «analyseur de spectre»):

- fréquence centrale (FREQ): égale à la fréquence centrale nominale du canal de télévision;
- largeur de bande du canal: 8 à 10 MHz;
- largeur de bande de résolution (RBW): 30 kHz;
- largeur de bande du filtre vidéo (VBW): entre 100 et 300 kHz ($VBW \geq 3 RBW$);
- durée de balayage: 2 s;
- détecteur: RMS;
- Mode de tracé: en clair.

Trente mesures du champ doivent être effectuées et 30 écarts types des amplitudes spectrales σ_{sp} doivent être prélevés au cours d'une période d'une minute au moins. Les valeurs de σ_{sp} sont calculées conformément à la Pièce jointe 5. En conséquence, on utilise 30 mesures du champ, y compris la correction σ_{sp} , pour définir la valeur médiane du champ (dans le temps) (E_{med}^{loc}) à chaque emplacement de réception.

On calcule les valeurs de σ_{sp} chaque fois que le champ est mesuré. L'objectif est de supprimer les évanouissements rapides susceptibles d'avoir des incidences sur la forme du spectre du signal.

Si le champ obtenu (E_{med}^{loc}) est inférieur au champ minimal requis, il faut procéder à des mesures à quatre autres emplacements au plus situés à l'intérieur de la zone de la cellule. Pour chaque cellule, on calcule une valeur médiane du champ E_{med}^{cell} .

A4.5 Traitement des résultats des mesures

La réception satisfaisante du signal DVB-T/T2 est possible et la cellule est considérée comme «couverte» si les conditions ci-après sont remplies:

- $E_{\text{med}}^{\text{loc}} \geq E_{\text{med}}$;
- $\text{VBER}^{\text{loc}} \leq 2 \times 10^{-4}$ pour DVB-T or $\text{LBER}^{\text{loc}} \leq 10^{-7}$ pour DVB-T2;
- pendant le processus de mesure VBER/LBER, il n'y a eu aucune interruption pendant au moins 60 s.

La cellule est représentée en vert si la plupart des points de mesure situés à l'intérieur de cette cellule remplissent les conditions susmentionnées. Si tel n'est pas le cas, la cellule est représentée en rouge.

A4.6 Affichage des résultats des mesures

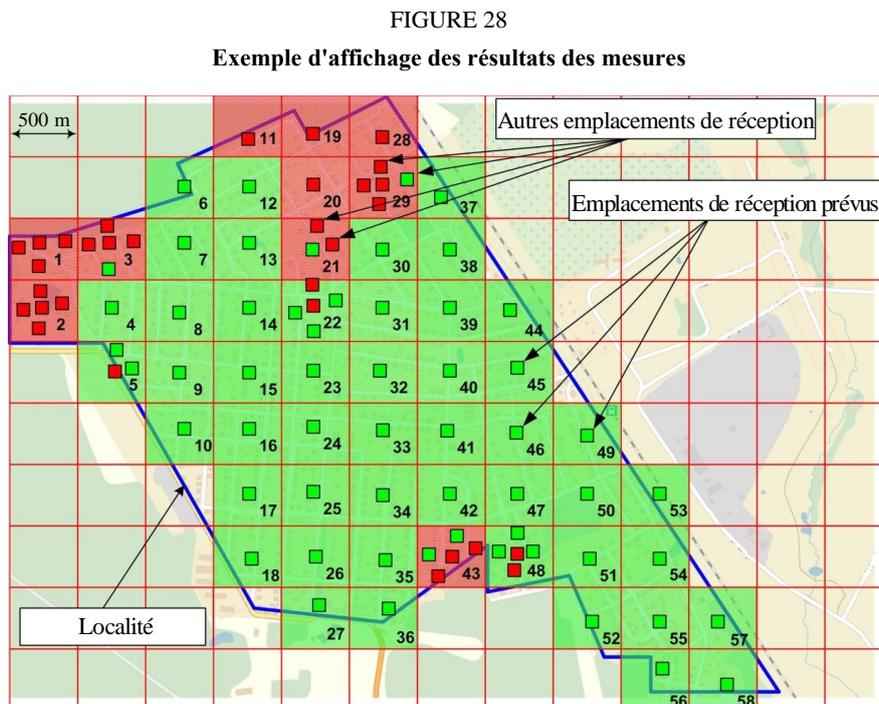
Les résultats des mesures sont tracés sur une carte comme indiqué à la Fig. 28. Le pourcentage de cellules couvertes dans la zone d'essai est calculé au moyen de la formule:

$$P(\%) = (m/n) \times 100\% \quad (4)$$

où:

- m : nombre de cellules pour lesquels les paramètres du signal satisfont aux critères en matière de couverture
- n : nombre total de cellules à l'intérieur de la zone d'essai.

En ce qui concerne l'exemple présenté à la Fig. 28: $P(\%) = (48/58) * 100\% = 82,8\%$.



Pièce jointe 5 à l'Annexe

Corrections à apporter aux résultats des mesures

A5.1 Correction pour le canal de réception (correction σ_{sp})

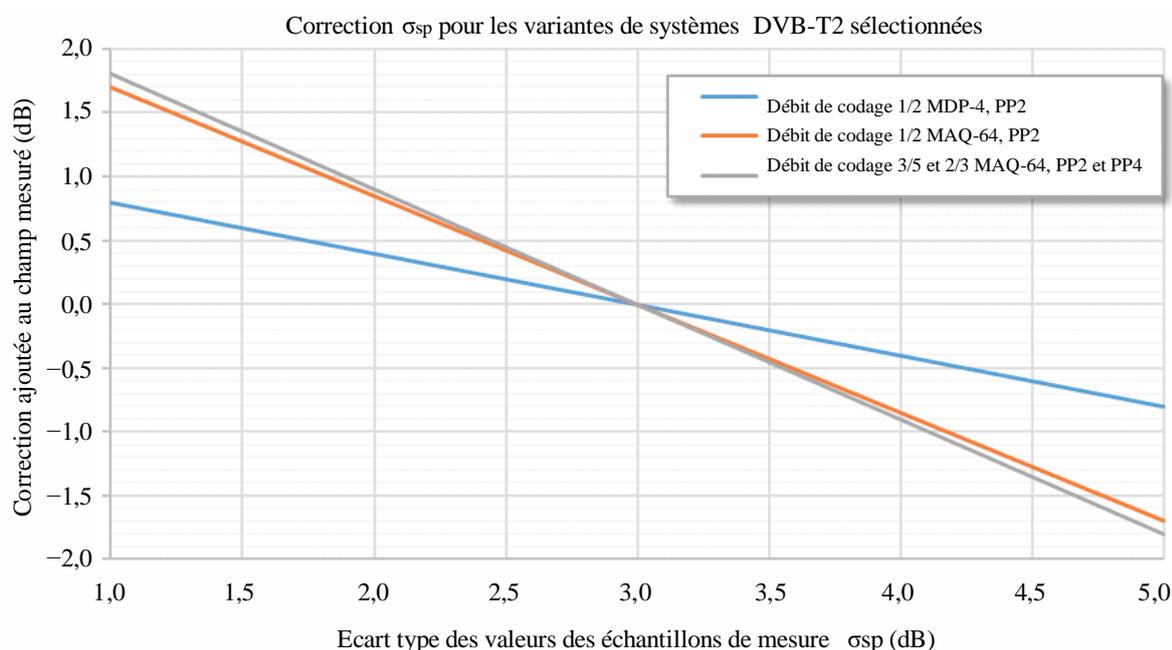
Les tableaux des valeurs minimales du rapport signal/bruit (C/N) qui figurent dans l'Accord GE06 reposent sur l'hypothèse de canaux de réception de Rice dont les amplitudes spectrales ont un écart type σ_{sp} de 1 dB ou de canaux de Rayleigh pour lesquels l'écart type est de 3 dB. Les résultats de mesures 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. 29 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 29

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



SM.1875-29

A5.2 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.

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

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 indique 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 13, la correction à appliquer pour différentes probabilités de couverture des emplacements.

TABLEAU 13
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, on utilise l'exemple de l'Accord GE06, qui indique les valeurs ci-après pour l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments et pour σ_2 :

TABLEAU 14
Écart 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

NOTE – Les valeurs sont basées sur l'Accord GE06.

A5.3 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 15

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	4,0	8	12,0
	95	1,64				12,8		20,8
	99	2,33				18,2		26,2

NOTE – Les valeurs sont basées sur l'Accord GE06.

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 16.

TABLEAU 16

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

Les valeurs du champ minimal équivalent utilisées aux fins de la planification sont indiquées pour une hauteur d'antenne de réception de 10 m. Pour comparer les valeurs mesurées aux valeurs de la planification, il faut appliquer une correction liée à la hauteur, qui peut être calculée conformément au § 2.1.9 de l'Accord GE06.