

RECOMMANDATION UIT-R SM.1792-0*

Mesure des rayonnements des émetteurs T-DAB et DVB-T dans les bandes latérales en vue du contrôle des émissions

(2007)

Domaine d'application

La présente Recommandation donne des indications sur les principes et procédures de mesure à utiliser pour vérifier si les émissions de radiodiffusion audio numérique de Terre (T-DAB) et de radiodiffusion vidéo numérique de Terre (DVB-T) sont conformes aux gabarits spectraux applicables.

Mots clés

Procédures de mesure, mesure des émissions, T-DAB, DVB-T

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la Recommandation UIT-R BS.1660 définit des gabarits spectraux spécifiant les limites des rayonnements hors bande (OoB, *out-of-band*) des émetteurs T-DAB (radiodiffusion audio numérique de Terre);
- b) que l'Annexe 2 des Actes finals de la CRR-06 définit des gabarits spectraux spécifiant les limites des rayonnements OoB des émetteurs DVB-T (radiodiffusion vidéo numérique de Terre);
- c) que le risque que les émissions T-DAB et DVB-T causent des brouillages préjudiciables aux services de radiocommunication adjacents est particulièrement élevé en raison de la forme rectangulaire du spectre de ces émissions qui fait que le niveau du signal est maximal jusqu'aux bords de la largeur de bande assignée;
- d) que les stations de contrôle des émissions doivent procéder à des mesures pour vérifier si chaque émetteur T-DAB ou DVB-T respecte les gabarits applicables, de préférence par voie hertzienne, afin de protéger les services de radiocommunication adjacents contre les brouillages préjudiciables;
- e) que la plage dynamique des analyseurs de spectre n'est pas suffisante pour mesurer les rayonnements OoB de ces émetteurs,

recommande

1 d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 1 lorsqu'il s'agit de procéder à des mesures pour vérifier si les émissions T-DAB et DVB-T sont conformes aux gabarits spectraux applicables.

* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2019 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

Annexe 1

1 Gabarits spectraux

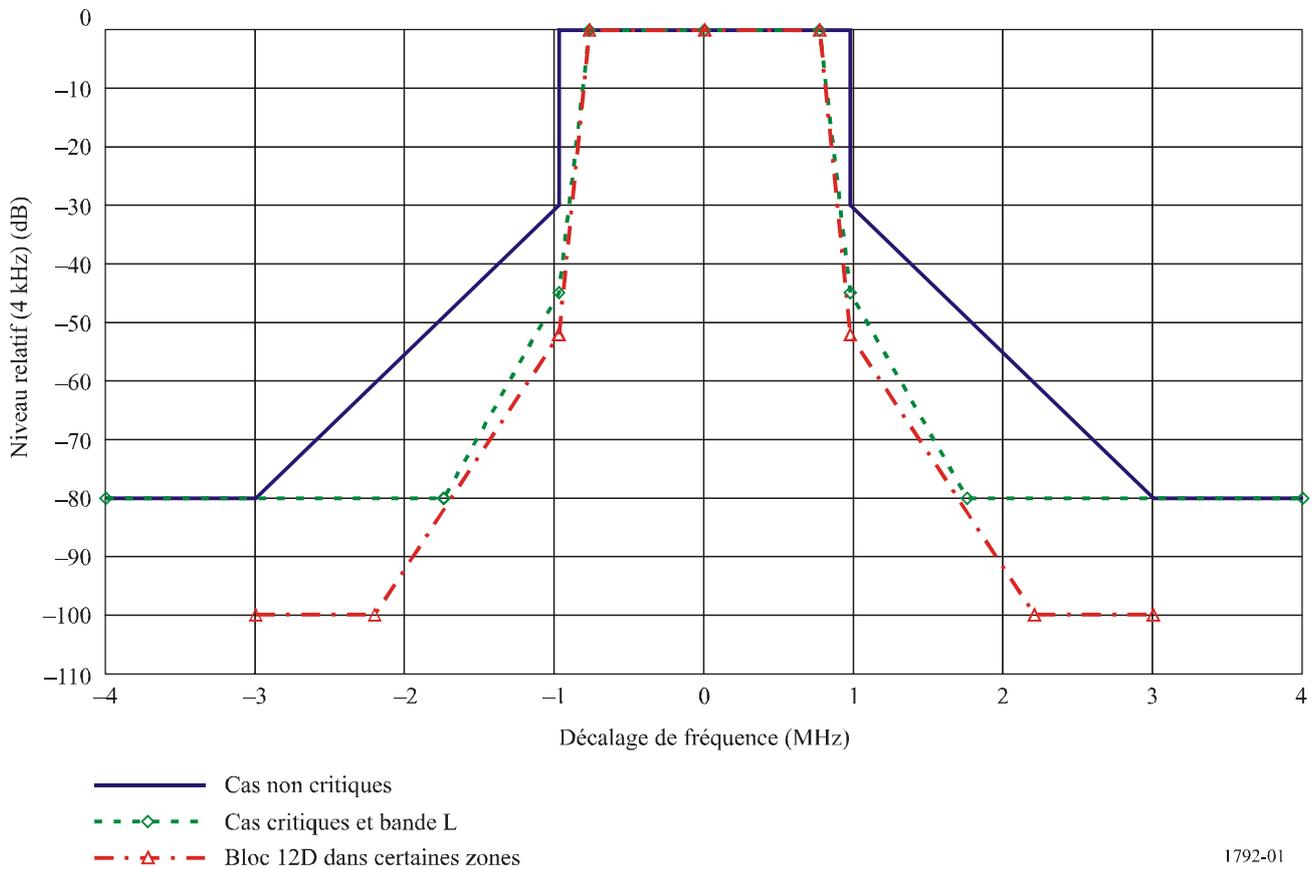
Des gabarits spectraux sont définis à proximité de l'émission principale afin de protéger les services de radiocommunication voisins. Le niveau des rayonnements OoB et des rayonnements non essentiels doit être inférieur au gabarit.

1.1 T-DAB

Concernant les émetteurs T-DAB, la Recommandation UIT-R BS.1660 définit les gabarits spectraux suivants:

FIGURE 1
Rayonnements OoB des émetteurs T-DAB

Gabarits applicables à un émetteur T-DAB



1792-01

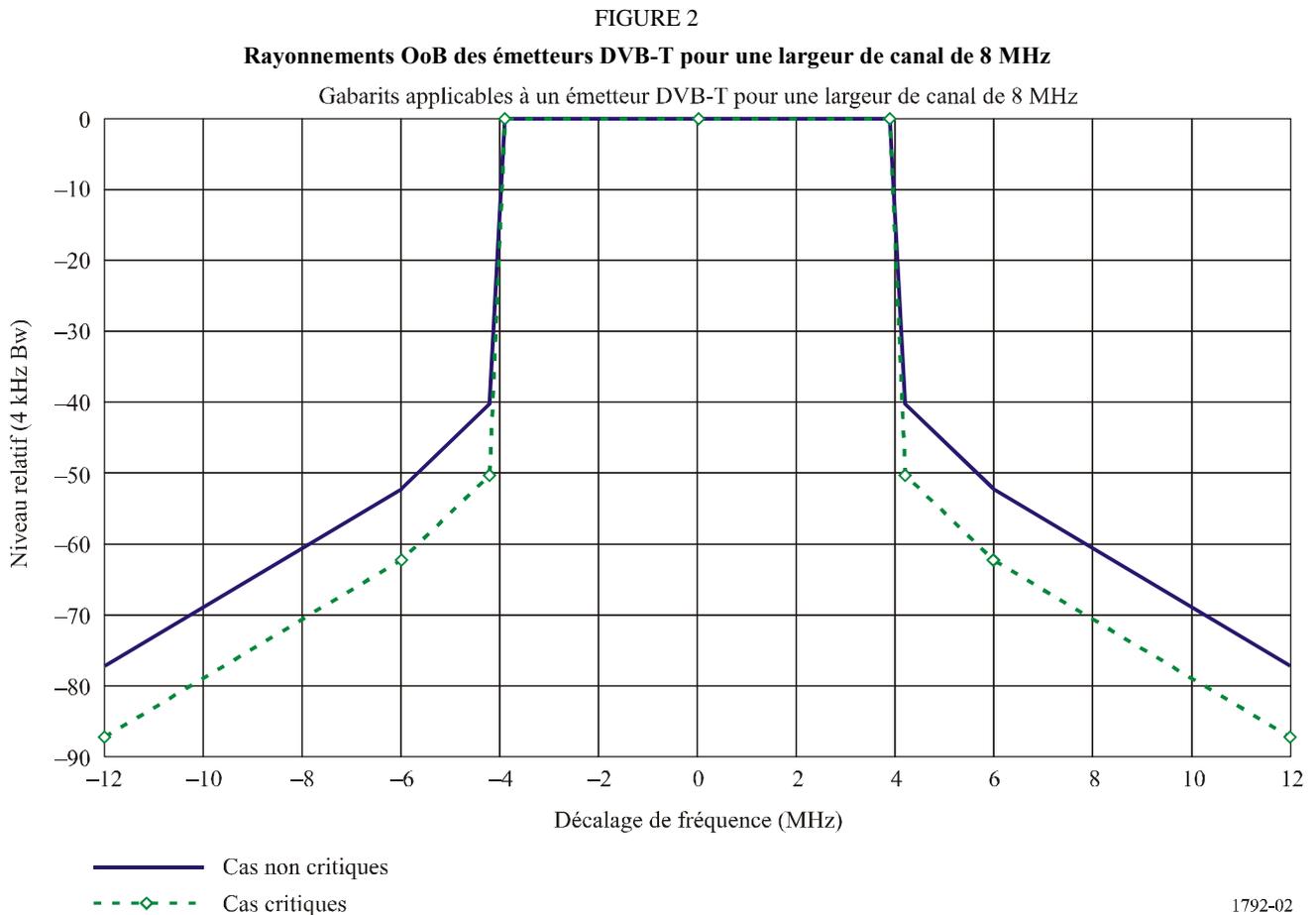
Note – Le gabarit critique est à utiliser pour le canal inférieur et le canal supérieur de la bande attribuée afin de protéger les services de radiocommunication voisins, le gabarit non critique est à utiliser à l'intérieur de la bande attribuée.

Les fréquences de coupure sont $\pm 0,77$ MHz, $\pm 0,97$ MHz, $\pm 1,75$ MHz et $\pm 2,2$ MHz.

Le gabarit repose sur un filtre de mesure de 4 kHz.

1.2 DVB-T

Concernant les émetteurs DVB-T, l'Annexe 2 des Actes finals de la CRR-06 définit des gabarits spectraux pour les systèmes DVB-T. A titre d'exemple, la Fig. 2 montre le gabarit pour une largeur de canal de 8 MHz:



Note – Le gabarit critique est à utiliser pour le canal inférieur et le canal supérieur de la bande attribuée afin de protéger les services de radiocommunication voisins, le gabarit non critique est à utiliser à l'intérieur de la bande attribuée.

Les fréquences de coupure sont $\pm 3,8$ MHz et $\pm 4,2$ MHz.

Le gabarit repose sur un filtre de mesure de 4 kHz.

2 Mesure des rayonnements des émetteurs T-DAB et DVB-T dans les bandes latérales¹

2.1 D'une manière générale, comme on peut le constater sur les Fig. 1 et 2, le niveau maximal des rayonnements des émetteurs T-DAB et DVB-T dans les bandes latérales peut être aussi faible que -101 dB, par rapport à la puissance maximale dans le canal assigné, la mesure étant réalisée avec la même largeur de bande de réception. Pour pouvoir mesurer de façon fiable les

¹ Les mesures concernant les systèmes T-DAB peuvent aussi servir pour d'autres systèmes, par exemple pour les systèmes de radiodiffusion multimédia numérique de Terre (T-DMB) (voir le Rapport UIT-R BT.2069).

rayonnements réels dans les bandes latérales, l'appareil de mesure doit avoir une plage dynamique d'au moins 110 dB. La plage dynamique des appareils modernes d'analyse spectrale ou de réception pour le contrôle des émissions est d'environ 80 dB, ce qui est insuffisant pour pouvoir procéder à des mesures directes destinées à vérifier si les gabarits sont respectés.

2.2 Principe de la mesure

Pour augmenter la plage dynamique du récepteur de mesure, il faut faire passer les signaux T-DAB ou DVB-T dans un filtre qui supprime le signal principal et laisse passer le domaine OoB. Le signal comportant une bande latérale dans le domaine OoB est balayé par ce filtre avec une largeur de bande de résolution (RBW) étroite et les niveaux spectraux résultants sont enregistrés.

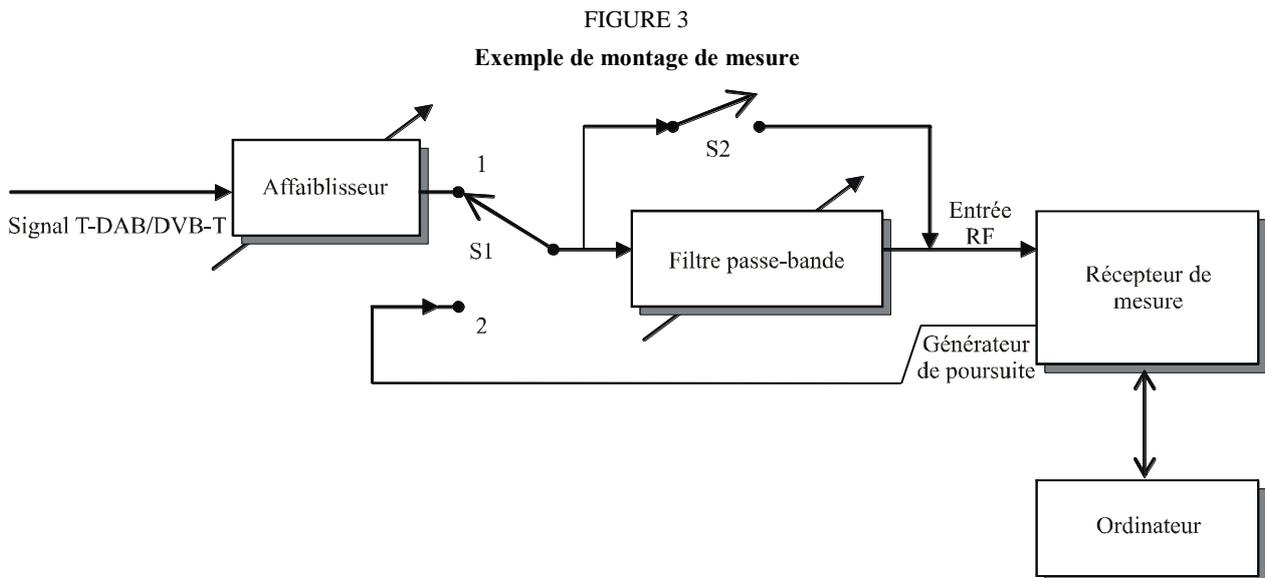
Un deuxième balayage est effectué pour enregistrer la réponse fréquentielle du filtre (affaiblissement) pour la même plage de fréquences.

L'affaiblissement du filtre est ensuite ajouté aux niveaux spectraux enregistrés lors du premier balayage pour donner le vrai spectre, non filtré.

Le gain de dynamique de mesure qu'il est possible d'obtenir dépend uniquement de la raideur de la pente du filtre.

2.3 Montage de mesure

Différents montages sont possibles pour mesurer les rayonnements dans les bandes latérales conformément au principe de mesure décrit. Le montage suivant est une version comportant des éléments distincts pour le récepteur, le filtre et le contrôleur de mesure:



Pour le montage de mesure ci-dessus, les spécifications suivantes s'appliquent:

TABLEAU 1
Spécifications applicables au montage de mesure donné en exemple

Elément	Fonction, spécification, remarques
Affaiblisseur	Ajuster le niveau d'entrée du signal T-DAB/DVB-T au niveau maximal que le récepteur peut traiter sans être surchargé. Incrément d'ajustement: 1 dB
Filtre	Supprimer le signal T-DAB/DVB-T principal tout en laissant passer les rayonnements dans les bandes latérales. Il peut s'agir d'un filtre passe-bande ou d'un filtre coupe-bande. Dans le cas d'un filtre passe-bande, la largeur de bande minimale à 3 dB doit être de 8 MHz pour les mesures relatives à la DVB-T et de 2 MHz pour les mesures relatives à la T-DAB. Le filtre doit pouvoir être réglé dans la plage de fréquences souhaitée
Récepteur	Enregistrer les niveaux spectraux. Il doit être équipé d'un générateur de poursuite et d'une interface pour permettre la télécommande et l'acquisition des données. La RBW doit être comprise entre 3 kHz et 8 kHz (4 kHz de préférence). Détecteur: valeur efficace de préférence, sinon tension alternative
Ordinateur	Commander le récepteur et acquérir les données de niveau. Il doit être équipé d'une interface appropriée pour le raccordement au récepteur (par exemple LAN ou IEEE 488)

Parmi les autres configurations de mesure possibles, on peut citer les configurations suivantes:

- Tous les éléments peuvent être inclus dans un seul dispositif qui est tout particulièrement conçu pour réaliser des mesures automatiques ou semi-automatiques des rayonnements des émetteurs T-DAB/DVB-T dans les bandes latérales.
- Le récepteur peut être un analyseur de spectre.
- Le récepteur/analyseur peut inclure les fonctions de l'ordinateur.
- Un générateur de signal externe peut être utilisé à la place du générateur de poursuite intégré. La fréquence du générateur de signal doit être commandée par l'ordinateur en synchronisation avec la fréquence du récepteur ou de l'analyseur.

2.4 Procédure de mesure

Pour clarifier la procédure de mesure ci-dessous, nous prenons un exemple dans lequel nous souhaitons mesurer les rayonnements dans la bande latérale supérieure pour un signal DVB-T de 8 MHz émis à 650 MHz.

2.4.1 Garantie d'une réception du signal sans réflexion

Les rayonnements des signaux T-DAB/DVB-T dans les bandes latérales peuvent être mesurés à la sortie de test de l'émetteur ou par voie hertzienne. Pour que le niveau du signal soit suffisant lors d'une mesure par voie hertzienne, on choisit un emplacement de mesure dans le faisceau principal, près de l'émetteur. Toutefois, même si l'antenne d'émission est en visibilité directe, des réflexions peuvent provoquer une distorsion du signal sélective en fréquence. Pour la mesure des rayonnements dans les bandes latérales, il est nécessaire d'assurer une réception sans réflexion du signal T-DAB/DVB-T. Pour cela, le signal est affiché sur un analyseur de spectre ou il est balayé manuellement au moyen du récepteur. La platitude du signal T-DAB/DVB-T principal devrait être à 2 dB près.

2.4.2 Détermination du niveau maximal du signal

Dans un premier test, il faut mesurer le niveau maximal du signal T-DAB/DVB-T que le récepteur peut traiter sans être surchargé. Ce niveau ne peut pas être extrait des spécifications du récepteur car celles-ci indiquent uniquement la plage dynamique pour les porteuses non modulées. Pour les signaux modulés à large bande T-DAB ou DVB-T, le niveau maximal est considérablement inférieur. Pour le déterminer, le signal T-DAB/DVB-T est injecté dans le récepteur (sans passer par le filtre, commutateur 2 de la Fig. 3 fermé), mais après être passé dans l'affaiblisseur ajustable. Le récepteur est ajusté de manière à ce que la RBW et le détecteur soient les mêmes que pour la mesure réelle (par exemple 3 kHz, valeur efficace). L'affaiblissement FI et RF doit être mis à 0 dB. Si un préamplificateur est présent, il doit être activé.

La plage de fréquences la plus critique dans laquelle une surcharge du récepteur se produit est la plage située immédiatement en dehors des fréquences «de bord» du bloc T-DAB/DVB-T.

TABLEAU 2

Fréquences «de bord» des émissions T-DAB et DVB-T

Système/largeur de bande (MHz)	Fréquences «de bord» (décalage par rapport à la fréquence centrale)
T-DAB/1,5	±775 kHz
DVB-T/7	±3,3 MHz
DVB-T/8	±3,8 MHz

Le récepteur est réglé sur une fréquence supérieure de 100 kHz à la fréquence de bord supérieure ou inférieure de 100 kHz à la fréquence de bord inférieure, suivant la bande latérale considérée pour les mesures. Dans notre exemple de mesure (voir le § 2.4), cette fréquence serait de 650 MHz + 3,8 MHz + 100 kHz = 653,9 MHz.

Grâce à l'affaiblisseur ajustable, le signal est ajusté à un niveau immédiatement inférieur au niveau de surcharge du récepteur. On peut vérifier ce niveau en augmentant et en réduisant de 1 dB l'affaiblissement. Lorsque le récepteur n'est pas surchargé, le niveau indiqué est également augmenté ou réduit de 1 dB exactement. Il faut trouver l'affaiblissement minimal qui garantit ce comportement.

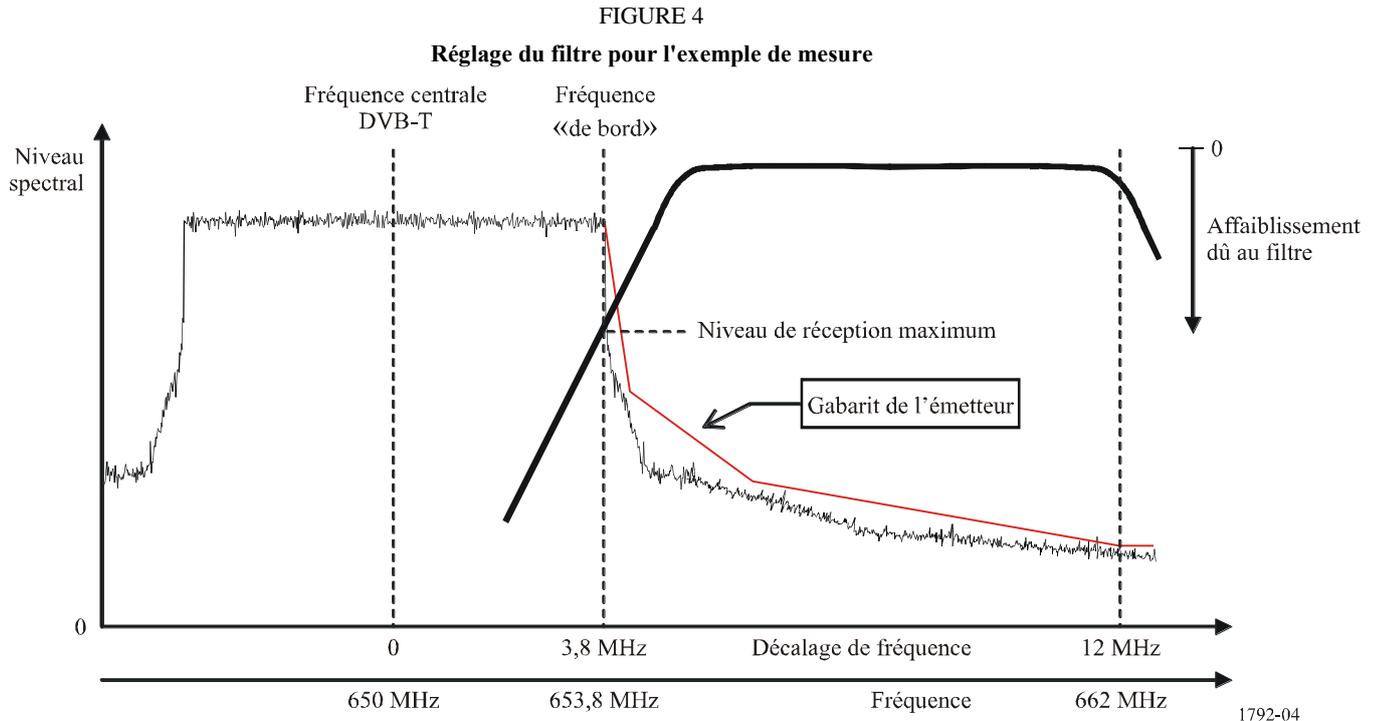
Avec ce réglage de l'affaiblisseur, le récepteur est réglé sur la fréquence centrale T-DAB/DVB-T. Le niveau indiqué est noté comme étant le «niveau de réception maximal».

2.4.3 Réglage du filtre

Pour augmenter la plage dynamique pour la mesure, on utilise le filtre pour assurer l'affaiblissement nécessaire du signal T-DAB/DVB-T principal à la place de l'affaiblisseur utilisé au § 2.4.2.

Pour ajuster la fréquence du filtre, le récepteur est réglé sur une fréquence située immédiatement à l'intérieur de la fréquence de bord. Dans notre exemple (voir le § 2.4), cette fréquence serait immédiatement inférieure à 653,8 MHz (650 MHz + 3,8 MHz).

C'est la fréquence à laquelle le récepteur obtiendra le niveau maximal au cours de la mesure réelle. Le filtre est alors réglé de manière à ce que le niveau indiqué soit égal au niveau de réception maximal déterminé au § 2.4.2, et l'affaiblissement dû au filtre augmente en direction de la fréquence centrale de l'émission T-DAB/DVB-T. La Fig. 4 montre le réglage du filtre dans notre exemple de mesure.



En cas d'utilisation d'un filtre coupe-bande, celui-ci est également ajusté de manière à ce que le niveau de réception à la fréquence de bord mesuré au § 2.4.2 ne soit pas dépassé, le point de départ étant la fréquence centrale T-DAB/DVB-T.

2.4.4 Détermination du niveau de bruit du récepteur

Etant donné que les rayonnements de l'émetteur T-DAB/DVB-T dans les bandes latérales ressemblent à du bruit, la mesure réelle ne permet pas de faire la distinction entre ces rayonnements et le bruit du récepteur; il est donc important de connaître le niveau de bruit du récepteur. Pour le mesurer, le récepteur est à nouveau ajusté de manière à ce que la RBW et le détecteur soient les mêmes que pour la mesure réelle (par exemple 3 kHz, valeur efficace). L'affaiblissement FI et RF doit être mis à 0 dB. Si un préamplificateur est présent, il doit être activé. Le signal n'est pas injecté dans le récepteur et l'entrée du récepteur est raccordée à une terminaison de 50 Ω . Le niveau de réception indiqué est noté comme étant le niveau de bruit du récepteur.

2.4.5 Réalisation de la mesure réelle

Le montage utilisé étant celui de la Fig. 3, le programme informatique est démarré afin de balayer la plage de fréquences applicable. La mesure doit commencer bien à l'intérieur du canal T-DAB/DVB-T principal afin d'avoir une référence pour les gabarits spectraux. La fréquence d'arrêt dépend de l'extrémité de la définition du gabarit spectral et de la bande passante du filtre. Dans notre exemple (voir le § 2.4), nous commençons l'enregistrement à 2 MHz de la fréquence centrale DVB-T, soit à 652 MHz, et nous l'arrêtons à 662 MHz, qui correspond à l'extrémité de la définition du gabarit spectral (voir la Fig. 2). Les niveaux spectraux mesurés sont enregistrés dans un fichier, conjointement avec la fréquence courante du récepteur.

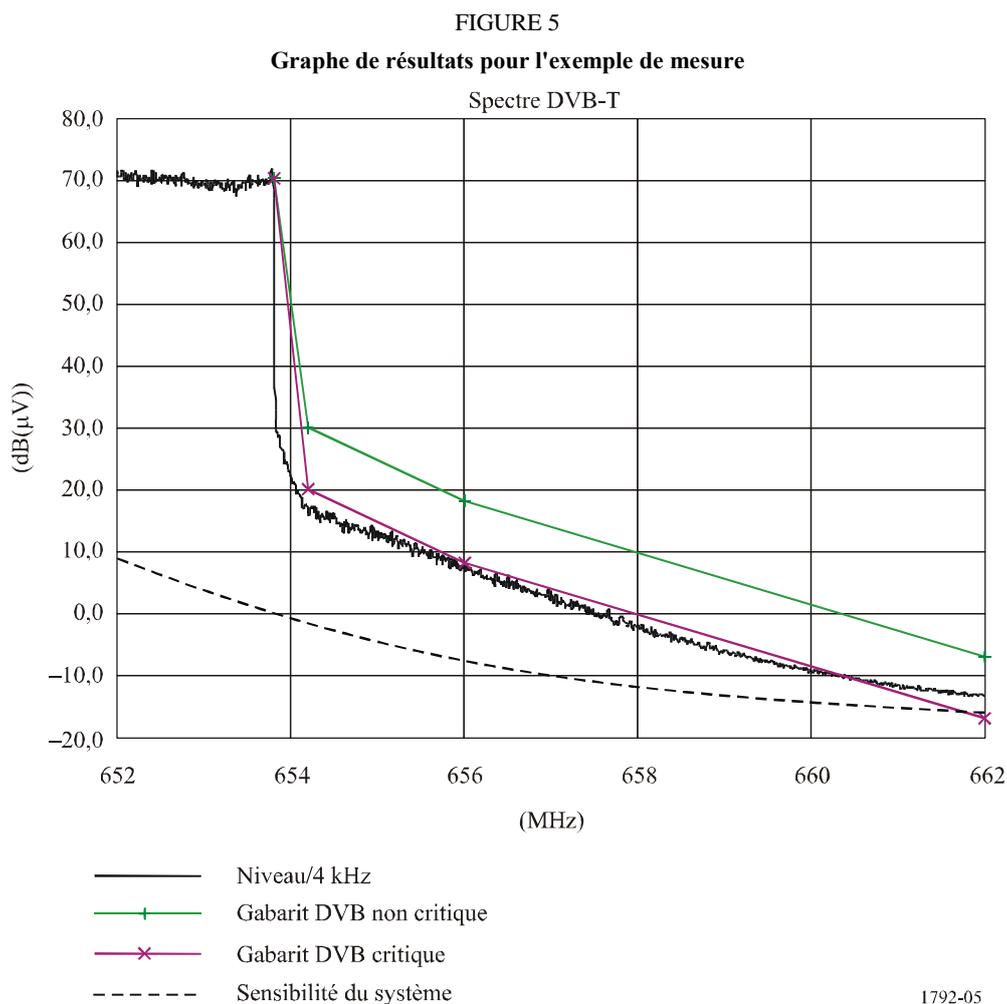
Le générateur de poursuite est ensuite raccordé à l'entrée du récepteur (commutateur S1 de la Fig. 3 en position 2) et le balayage est répété pour la même plage de fréquences. L'affaiblissement mesuré est enregistré dans un deuxième fichier, conjointement avec la fréquence courante du récepteur.

2.4.6 Présentation des résultats

L'ordinateur doit ajouter le niveau spectral mesuré enregistré dans le fichier 1 et l'affaiblissement mesuré enregistré dans le fichier 2 pour chaque pas de fréquence. Le résultat est le spectre réel du signal T-DAB/DVB-T, la distorsion due au filtre étant éliminée. Pour pouvoir faire une évaluation rapide, il convient d'inclure les gabarits spectraux applicables des Fig. 1 et 2 dans la présentation graphique.

Comme le filtre ne peut généralement pas être optimisé à la fois pour la bande latérale supérieure et pour la bande latérale inférieure, il faut réaliser deux mesures distinctes pour pouvoir vérifier si le gabarit spectral est respecté en totalité.

On donne ci-après des résultats de mesure possibles dans le cadre de notre exemple (voir le § 2.4). Un tableur courant a été utilisé pour commander le récepteur et tracer les graphiques au moyen d'un langage de macros.



On peut constater que le gabarit critique est dépassé à partir de 660 MHz.

2.4.7 Prise en considération de la sensibilité du système

Aux fréquences relativement éloignées de la fréquence centrale T-DAB/DVB-T, les niveaux spectraux des rayonnements de l'émetteur seront très faibles et pourront être voisins du niveau de bruit du récepteur voire inférieurs à ce niveau. Comme la présentation des résultats ne permet pas de faire la distinction entre les rayonnements de l'émetteur dans les bandes latérales et le bruit du

récepteur, les limites à l'intérieur desquelles la mesure est valable doivent être établies manuellement. Pour une fiabilité raisonnable des résultats, le niveau spectral des rayonnements de l'émetteur dans les bandes latérales, reçus à travers le filtre, doit être supérieur d'au moins 3 dB au niveau de bruit du récepteur. La sensibilité du système correspond au niveau de bruit mesuré au § 2.4.4, auquel s'ajoute l'affaiblissement dû au filtre à chaque fréquence comprise dans la plage de fréquences. Il est préférable d'inclure la sensibilité du système dans le graphe de présentation, comme c'est le cas sur la Fig. 5.

Dans notre exemple de mesure, la marge de 3 dB entre le niveau de signal mesuré et la sensibilité du système est atteinte à environ 662 MHz. La plage de validité de la mesure doit apparaître clairement dans le graphe de présentation, soit en indiquant les fréquences respectives soit en changeant l'échelle sur l'axe des x de façon à n'afficher que les résultats valables, comme c'est le cas sur la Fig. 5.

2.5 Considérations pratiques

En principe, la méthode décrite ici permet de mesurer les rayonnements de tous les émetteurs T-DAB et DVB-T dans les bandes latérales, mais il convient de tenir compte de ce qui suit:

- Etant donné que le filtre doit à la fois présenter une pente raide et être facilement réglable, il faut faire un compromis. L'expérience montre que des filtres passe-bande ayant une largeur de 3 dB pour 1% de la fréquence réglée conviennent même pour évaluer le gabarit critique des émissions T-DAB/DVB-T jusqu'à environ 800 MHz. En même temps, ces filtres peuvent être réglés avec un seul bouton, car toutes les cavités peuvent être montées sur le même axe.
 - Lorsqu'il s'agit de mesurer les rayonnements dans les bandes latérales, le plus difficile est d'obtenir un niveau de signal suffisant à partir de l'antenne de réception. A nouveau, l'expérience montre que seuls les gabarits spectraux non critiques peuvent être évalués par voie hertzienne. Même dans ce cas, une antenne directive avec un gain élevé (par exemple une antenne Yagi) doit être utilisée et placée à la distance optimale de l'émetteur, là où le champ est censé être maximal. Pour évaluer les gabarits critiques, la mesure doit être réalisée à la sortie de test de l'émetteur proprement dit.
 - En raison du nombre très limité d'endroits de réception optimaux possibles, la mesure doit généralement être réalisée dans des équipements mobiles de contrôle des émissions. Le plus souvent, les équipements stationnaires ou les équipements télécommandés ne recevront pas un champ suffisant.
-