

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1191-3
(05/2011)

**Largeur de bande nécessaire et largeur de
bande occupée et rayonnements non désirés
des systèmes numériques du service fixe**

Série F
Service fixe



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2011

© UIT 2011

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 F.1191-3*

Largeur de bande nécessaire et largeur de bande occupée et rayonnements non désirés des systèmes numériques du service fixe

(1995-1997-2001-2011)

Champ d'application

La présente Recommandation fournit une explication des principaux termes relatifs aux rayonnements non désirés et aux largeurs de bande des systèmes numériques du service fixe, afin de clarifier l'application des définitions figurant dans le Règlement des radiocommunications et dans les Recommandations UIT-R SM.328 et UIT-R SM.329, ainsi que des lignes directrices destinées aux concepteurs de systèmes ou d'équipements du service fixe.

Il y est également question de la largeur de bande occupée des systèmes à porteuses multiples et des prescriptions applicables aux émissions hors bande pour les systèmes utilisant des assignations par blocs.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire pour les concepteurs de systèmes numériques du service fixe (DFSS) de fournir des indications concernant l'application des termes relatifs aux largeurs de bande et aux rayonnements non désirés;
- b) qu'il est relativement improbable que les émissions hors bande (OoB) des DFSS provoquent un brouillage notable des systèmes qui utilisent les bandes voisines, pour les raisons suivantes:
 - la densité de puissance d'un DFSS diminue rapidement en dehors de la largeur de bande occupée;
 - la p.i.r.e. d'un DFSS en visibilité directe est faible ou moyenne;
 - les DFSS transhorizon à forte p.i.r.e. ne sont pas couramment utilisés;
- c) que du point de vue du brouillage des autres systèmes partageant la même bande de fréquences, les émissions hors bande produiront, en règle générale, un brouillage moins important, par comparaison à celui dû aux émissions à l'intérieur de la largeur de bande nécessaire;
- d) que les concepteurs de DFSS tiennent compte normalement des problèmes liés aux brouillages à l'intérieur du système, provoqués par les rayonnements non désirés;
- e) qu'à la limite de la bande RF, la bande de garde ZS, suivant la définition de la Recommandation UIT-R F.746, est définie par les Recommandations UIT-R appropriées, afin d'éviter les émissions non désirées dans les bandes attribuées voisines;
- f) qu'il n'est pas toujours possible, ni indiqué, de rétrécir la bande de fréquences occupée par le DFSS, au point que sa largeur soit inférieure ou égale à celle du canal radioélectrique fixée par la disposition des canaux radioélectriques définie pour la bande attribuée par le Secteur des radiocommunications de l'UIT ou par un organisme national de réglementation;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 1 des radiocommunications.

- g) que dans la plupart des bandes attribuées à titre primaire aux services fixes, une Recommandation UIT-R appropriée ou un organisme national compétent de réglementation a généralement défini une disposition des canaux radioélectriques;
- h) que, à l'intérieur de la bande attribuée, la coordination des différents systèmes du service fixes fondée sur l'utilisation d'une disposition donnée des canaux radioélectriques, est régie en fonction d'un principe rationnel du point de vue du spectre énoncé par la Recommandation UIT-R F.746 et des caractéristiques statistiques de propagation indiquées dans les Recommandations UIT-R P.530 et UIT-R F.1093;
- j) que les DFSS, avec un dispositif d'embrouillage approprié, ont en règle générale une densité spectrale de puissance d'émission et des facteurs de crête des rayonnements non désirés qui sont normalement assimilables à du bruit;
- k) que les DFSS produisent des rayonnements non désirés formés aussi bien de composantes assimilables à du bruit que de composantes discrètes, tant dans le domaine des émissions hors bande que dans celui des rayonnements non essentiels;
- l) que les systèmes monoporteuse ou multiporteuses sont largement utilisés dans le cadre des DFSS,

notant

- a) que la Recommandation UIT-R SM.328 donne des indications sur l'évaluation des émissions spectrales hors bande pour divers formats de modulation;
- b) que la Recommandation UIT-R SM.329 donne les limites et la largeur de bande de référence des rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels pour tous les services, y compris pour le service fixe;
- c) que la Recommandation UIT-R SM.1541 donne des limites génériques applicables aux rayonnements non désirés dans le domaine des émissions hors bande pour la plupart des services, y compris pour le service fixe (voir la Note 1);
- d) que la Recommandation UIT-R SM.1539 donne des indications sur la variation de la frontière entre le domaine des émissions hors bande et le domaine des rayonnements non essentiels pour les émissions à bande très étroite et à très large bande,

recommande

- 1** que les définitions générales suivantes s'appliquent aux DFSS:

1.1 Bande de fréquences attribuée

Dans le cas des DFSS, la bande de fréquences attribuée peut être considérée comme la bande de fréquences totale attribuée au service fixe à titre primaire ou coprimaire.

1.2 Bande de fréquences assignée

Pour les besoins de la présente Recommandation, on peut considérer que ce terme s'applique aussi à un bloc de spectre assigné à une ou plusieurs stations exploitées par un opérateur disposant d'une licence exclusive unique (assignation de blocs, voir exemples dans les Recommandations UIT-R F.1488, UIT-R F.748 et UIT-R F.749).

A l'intérieur de chaque assignation de bloc, le concepteur du système peut en général subdiviser de façon appropriée le bloc en des sous-blocs plus petits, afin de déployer un réseau radioélectrique dans la zone géographique dans laquelle l'assignation a été effectuée, suivant les conditions spécifiées ci-dessus (voir la Recommandation UIT-R F.1399).

1.3 Espacement des canaux radioélectriques

Largeur de bande égale à l'espacement entre les fréquences, suivant la définition de la Recommandation UIT-R F.746, des canaux adjacents de la disposition de canaux radioélectriques définie à l'intérieur de la bande de fréquences attribuée.

1.4 Bande de garde

Largeur de bande ZS définie dans la Recommandation UIT-R F.746 comme étant l'espacement entre la fréquence centrale du canal radioélectrique extrême d'une disposition donnée de canaux radioélectriques et le bord de la bande attribuée.

1.5 Système multiporteuses

Systèmes pour lesquels plusieurs sous-porteuses peuvent être transmises de façon simultanée à partir d'un amplificateur de sortie final ou d'une antenne active à l'intérieur d'un canal assigné de la disposition de fréquence concernée ou d'un intervalle de fréquence spécialement réservé;

2 que les objectifs spécifiques de conception présentés ci-dessous et les définitions suivantes soient utilisés dans le cas des DFSS; la Fig. 1 donne une illustration de ces objectifs et de ces définitions;

2.1 que pour les DFSS la valeur du pourcentage $\beta/2$ soit fixée à 0,5%; ce pourcentage correspond au cas des émetteurs de monoporteuses; lorsqu'il s'agit de systèmes multiporteuses, ce pourcentage, relatif à la puissance totale de l'ensemble des sous-porteuses, diminue en fonction du nombre de sous-porteuses et de la largeur de bande (voir le § 3 de l'Annexe 1 pour de plus amples détails);

2.2 que, pour les DFSS, la largeur de bande nécessaire soit considérée comme identique à la largeur de bande occupée;

2.3 que, suivant le type de la disposition des canaux radioélectriques utilisée (voir la Note 2), la capacité et le format de modulation du signal émis, des DFSS similaires puissent avoir une largeur de bande nécessaire au plus égale à 20% de l'espacement des canaux radioélectriques (voir la Note 2); cependant, comme des faisceaux hertziens dissemblables fonctionnant dans la même bande peuvent donner lieu à des incompatibilités, il convient de poursuivre l'étude des relations existant entre l'espacement des canaux radioélectriques et la largeur de bande nécessaire;

2.4 que la largeur de bande occupée soit déterminée par la méthode utilisant un analyseur de spectre tel qu'indiqué dans la Recommandation UIT-R SM.328 ou, le cas échéant, par évaluation ou intégration numérique du rayonnement effectivement émis, suivant la méthode signalée à l'Annexe 1;

2.5 qu'en cas d'utilisation du procédé de transmission par paquets (par exemple, pour les DFSS avec accès multiple par répartition dans le temps (AMRT)), l'évaluation des largeurs de bande et des rayonnements se fasse par calcul de la puissance moyenne sur la durée des paquets;

2.6 que les DFSS utilisent des circuits d'embrouillage appropriés, de façon que toutes les émissions spectrales (désirées et non désirées) restent indépendantes du flux de données d'entrée;

2.7 que tout rayonnement non désiré tombant sur des fréquences qui présentent, par rapport à la fréquence centrale du canal radioélectrique, un espacement inférieur à 250% de l'espacement des canaux avec lequel le système est censé fonctionner soit considéré généralement comme un rayonnement non désiré dans le domaine des émissions hors bande (voir la Note 4); lorsque le DFSS est destiné à être utilisé dans une bande de fréquences pour laquelle aucune disposition de canaux RF n'a été établie, la largeur de bande nécessaire devrait être utilisée au lieu de l'espacement de fréquences, pour évaluer la limite de 250%;

2.8 que tout rayonnement non désiré tombant sur des fréquences qui présentent, par rapport à la fréquence centrale du canal radioélectrique, un espacement égal ou supérieur à 250% de l'espacement des canaux avec lequel le système est censé fonctionner soit considéré généralement comme un rayonnement non essentiel (voir les Notes 4 et 5);

2.9 que, au-dessus et au-dessous des limites de la bande de fréquences nécessaire, la puissance moyenne admissible des rayonnements non désirés soit inférieure ou égale à 0,5% de la puissance émise totale à la sortie de l'antenne (voir la Note 3); dans le cas de systèmes multiporteuses, il est prévu que cette règle s'applique aux sous-porteuses extrêmes;

2.10 que, du point de vue des réglementations internationales, il n'est peut-être pas nécessaire de fixer une limite supplémentaire de la forme spectrale des rayonnements non désirés des DFSS;

2.11 que les niveaux des rayonnements non essentiels, la gamme de fréquences pour leur mesure et la largeur de bande de référence dans laquelle les niveaux sont spécifiés soient ceux définis par la Recommandation UIT-R SM.329 (voir la Note 4). Lorsque des assignations exclusives de blocs sont effectuées, des émetteurs exploités sur des sous-canaux déterminés par l'opérateur titulaire de la licence peuvent, en principe, ne pas faire l'objet, au sein du bloc, des limites de rayonnements non désirés applicables en dehors du bloc; cependant, pour les zones frontalières, il convient d'établir un accord entre les administrations concernées, celles-ci ayant pu octroyer la même bande de manière différente;

2.12 que les limites applicables aux rayonnements non désirés dans le domaine des émissions hors bande constituant un filet de sécurité et élaborées par l'UIT-R soient considérées comme la limite absolue du cas le plus défavorable, à laquelle toute nouvelle conception de système DFSS devra se conformer;

2.13 que, en l'absence d'autre accord spécifique entre les administrations qui partagent la même limite de bande, les émetteurs radioélectriques fixes numériques, utilisant les fréquences des canaux radioélectriques extrêmes d'une disposition de canaux radioélectriques, occupent une largeur de bande telle que l'extrémité de cette bande (par rapport à la fréquence centrale du canal), majorée de la valeur absolue de la tolérance de fréquence (voir la Note 5), corresponde à une largeur de bande inférieure ou égale à la valeur ZS définie au § 1.4.

NOTE 1 – D'une manière générale, la limite générique est considérée comme l'enveloppe générale du cas le plus défavorable, fondée sur les limites d'émission hors bande les moins restrictives utilisées avec succès comme règlements nationaux ou régionaux dans des zones ayant une forte densité d'équipements de radiocommunication et possédant pratiquement toute la gamme des équipements de radiocommunication. L'épithète «générale» est utilisé pour prendre en compte des cas exceptionnels où un gabarit particulièrement non restrictif peut avoir été utilisé, par exemple pour encourager le développement d'équipements dans une bande non attractive (voir le point c) du *notant*);

2.14 que les Notes 2 à 5 soient considérées comme faisant partie de la présente Recommandation.

NOTE 2 – Voir la Recommandation UIT-R F.746 pour les définitions des dispositions dites alternées de canaux radioélectriques par réutilisation des fréquences avec fonctionnement dans le même canal (cocanal) ou avec canaux intercalés. L'espacement des canaux radioélectriques se définit par $XS/2$ pour les dispositions de canaux alternés et par XS pour les dispositions du type cocanal ou avec canaux intercalés.

NOTE 3 – En raison des problèmes de compatibilité qui pourraient se poser, il faut procéder avec prudence lorsqu'on applique la présente Recommandation aux faisceaux hertziens à grande capacité, aux bandes où des faisceaux hertziens dissemblables fonctionnent dans des canaux adjacents et aux bandes utilisées en partage avec d'autres services.

NOTE 4 – La Recommandation UIT-R SM.1539 donne également des indications sur la variation de la frontière en ce qui concerne les émissions à bande très étroite et les émissions à très large bande. En outre, étant donné que la Recommandation UIT-R SM.329 autorise des limites différentes de $\pm 250\%$, les dispositions suivantes sont recommandées, à titre provisoire, pour les DFSS fonctionnant au-dessus de 1 GHz avec un espacement des canaux inférieur à 2 MHz:

- la limite entre les rayonnements non essentiels et les émissions hors bande est fixée à $\pm 500\%$ de l'espacement des canaux;
- la largeur de bande de référence est de 100 kHz dans la gamme de fréquences comprise entre cette limite et ± 20 MHz par rapport à la fréquence centrale nominale;

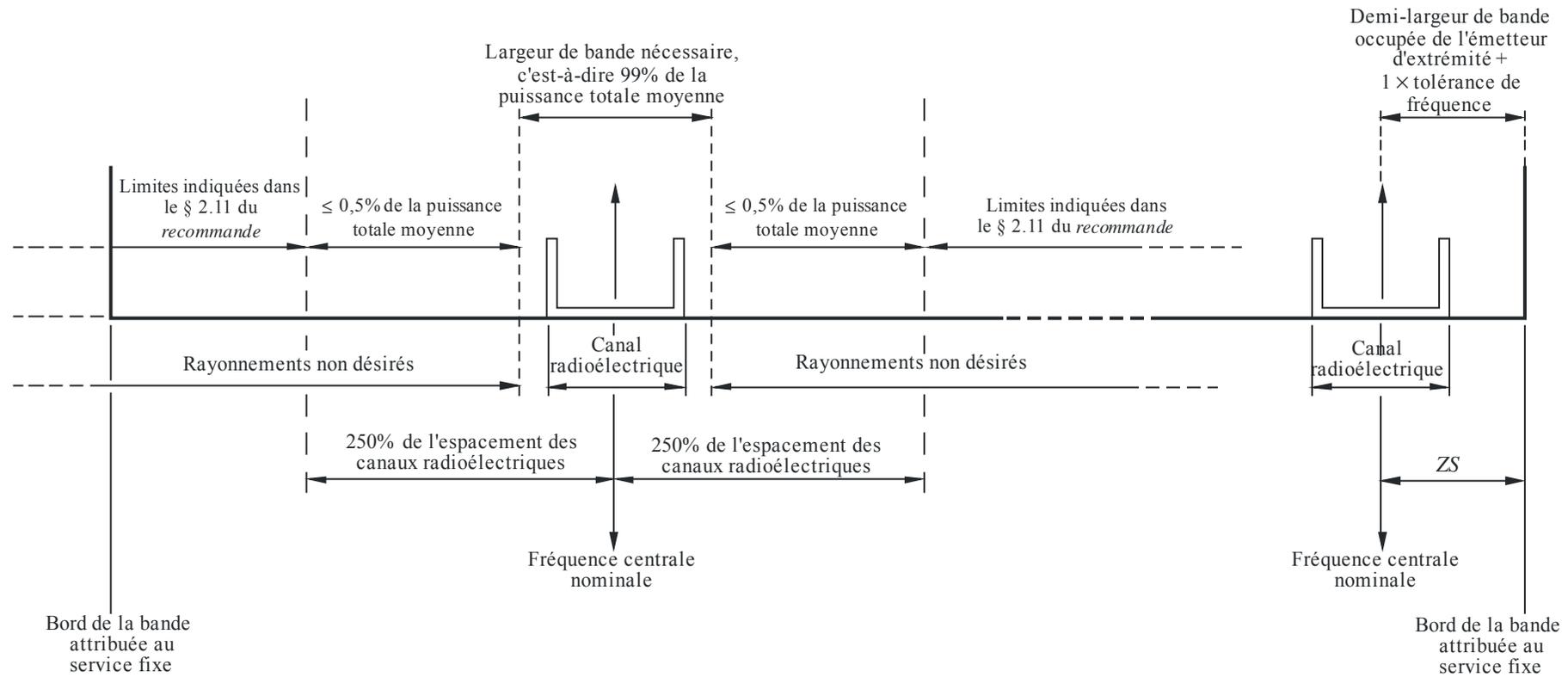
et les dispositions suivantes sont recommandées, à titre provisoire, pour les DFSS fonctionnant au-dessus de 1 GHz avec une puissance d'émission d'au moins 20 W et un espacement des canaux compris entre 2 et 14 MHz:

- la limite entre les rayonnements non essentiels et les émissions hors bande est fixée à $\pm 250\%$ de l'espacement des canaux;
- la largeur de bande de référence est de 100 kHz dans la gamme de fréquences comprise entre cette limite et ± 70 MHz par rapport à la fréquence centrale nominale.

NOTE 5 – Le soin de préciser la tolérance de fréquence est laissé aux organismes nationaux de réglementation.

FIGURE 1

Objectifs d'atténuation des rayonnements non désirés et définitions des largeurs de bande des DFSS

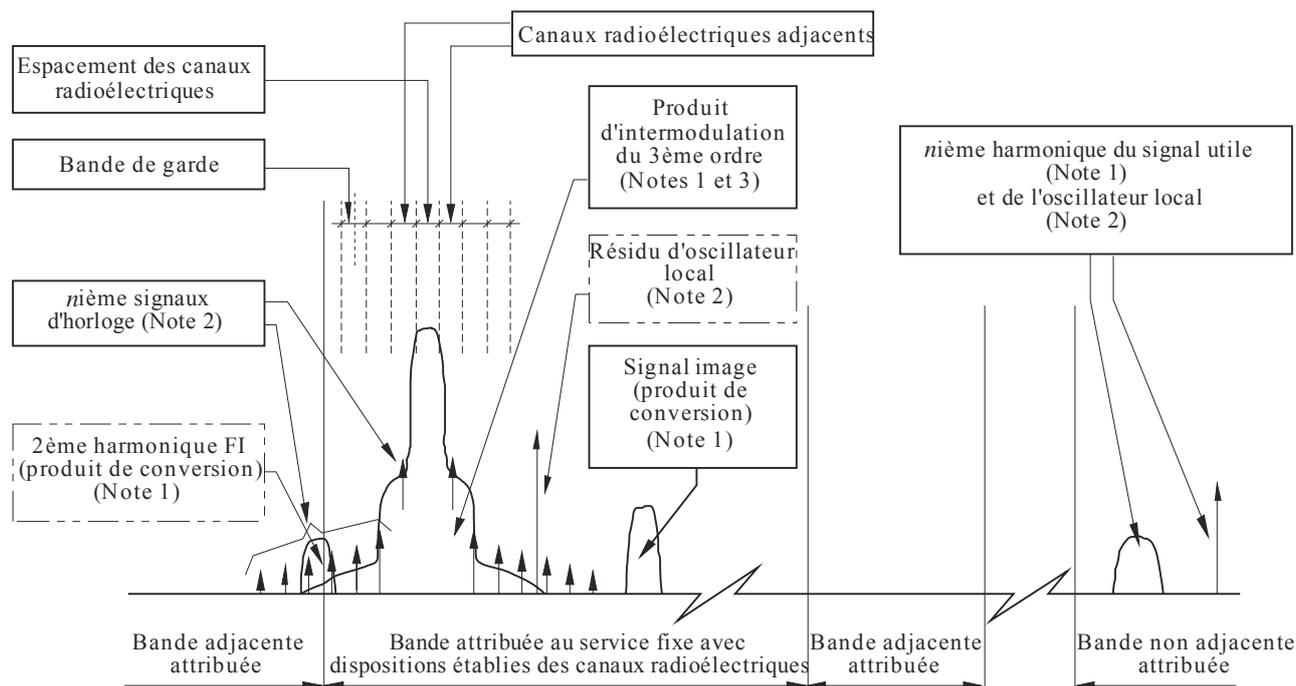


Annexe 1

1 Scénario type d'émission d'un DFSS

La Fig. 2 représente le scénario type, correspondant aux principales émissions d'un émetteur hétérodyne numérique. Les autres types d'émission (par exemple, autres produits de conversion et composantes résiduelles de génération de la porteuse) ne sont pas représentés. Dans le cas des émetteurs hertziens à modulation directe, certains rayonnements non désirés ne sont pas applicables (par exemple, produits de conversion et résidus d'oscillateur local).

FIGURE 2
Bandes de fréquences et rayonnements non désirés d'un DFSS (scénario type)



Note 1 – Exemple de composante à caractère de bruit de rayonnements non désirés.

Note 2 – Exemple de composante discrète de rayonnements non désirés.

Note 3 – Un défaut de linéarité dû à l'émetteur provoque des émissions hors bande au voisinage immédiat de la largeur de bande nécessaire, en raison des produits d'intermodulation d'ordre impair.

F.1191-02

2 Calcul de la largeur de bande occupée

On peut généralement exprimer comme suit la valeur d'un spectre à puissance normalisée $W(f)$ d'une porteuse modulée d'un DFSS:

$$W(f) = S(f) \left(\frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T} \right)^2 \quad (1)$$

où:

$S(f)$: réponse en fréquence du filtre de mise en forme situé dans l'émetteur
 f : écart de fréquence par rapport à la porteuse
 T : largeur d'impulsion.

On peut donc calculer de la manière suivante la largeur de bande occupée B_0 :

$$\int_{-B_0/2}^{+B_0/2} W(f) df = 0,99 \int_{-\infty}^{+\infty} W(f) df \quad (2)$$

2.1 Signaux à modulation de phase et d'amplitude, avec mise en forme suivant une loi parfaite de décroissance progressive en racine carrée de cosinus

Dans nombre de cas, on utilise côté émetteur des filtres de mise en forme à décroissance progressive en racine carrée de cosinus; la réponse idéale en fréquence est donnée alors par:

$$S(f) = \begin{cases} \left(\frac{\pi f T}{\sin(\pi f T)} \right)^2 & \text{pour } |f| \leq \frac{1 - \alpha}{2T} \\ \frac{1}{2} \left(1 - \sin \left[\frac{\pi T}{\alpha} \left(|f| - \frac{1}{2T} \right) \right] \right) \left(\frac{\pi f T}{\sin(\pi f T)} \right)^2 & \text{pour } \frac{1 - \alpha}{2T} < |f| \leq \frac{1 + \alpha}{2T} \\ 0 & \text{pour } \frac{1 + \alpha}{2T} \leq |f| \end{cases} \quad (3)$$

où α , le facteur de décroissance, est compris entre 0 et 1.

On obtient comme suit la valeur de la largeur de bande occupée idéale en portant l'expression (3) dans les équations (1) et (2):

$$B_0 = 2 K(\alpha) / T \quad (4)$$

où $K(\alpha)$, fonction de α , est calculé tel qu'indiqué au Tableau 1.

La relation (4) et le Tableau 1 permettent donc de calculer la largeur de bande occupée.

TABLEAU 1
Valeurs de $K(\alpha)$

α	$K(\alpha)$
0,1	0,510
0,2	0,537
0,3	0,567
0,4	0,600
0,5	0,634
0,6	0,669
0,7	0,705
0,8	0,742
0,9	0,779
1,0	0,816

2.2 Signaux à modulation de phase et d'amplitude associés à d'autres filtres de mise en forme

Les dispositifs concrets sont parfois différents et l'on peut utiliser d'autres types de filtres de mise en forme; ainsi certains cas doivent donner lieu à des évaluations numériques plus complexes de l'expression (2) et sont actuellement à l'étude.

2.3 Signaux modulés en fréquence et en phase

Les cas de ce type sont en cours d'étude.

3 Largeur de bande occupée en cas de fonctionnement à plusieurs sous-porteuses

3.1 Cas de sous-porteuses homogènes et régulièrement espacées

Dans certains cas, un émetteur DFSS peut utiliser plusieurs sous-porteuses modulées de façon indépendante et amplifiées par un amplificateur commun ou une antenne active. On les désigne généralement sous le terme de systèmes multiporteuses (voir la Note 1).

La largeur de bande occupée, B_0 , pour un fonctionnement de ce type, doit être calculée comme suit:

$$B_0 = b_0 + (m - 1) \Delta F \quad (5)$$

où:

b_0 : largeur de bande occupée d'une sous-porteuse

m : nombre de sous-porteuses

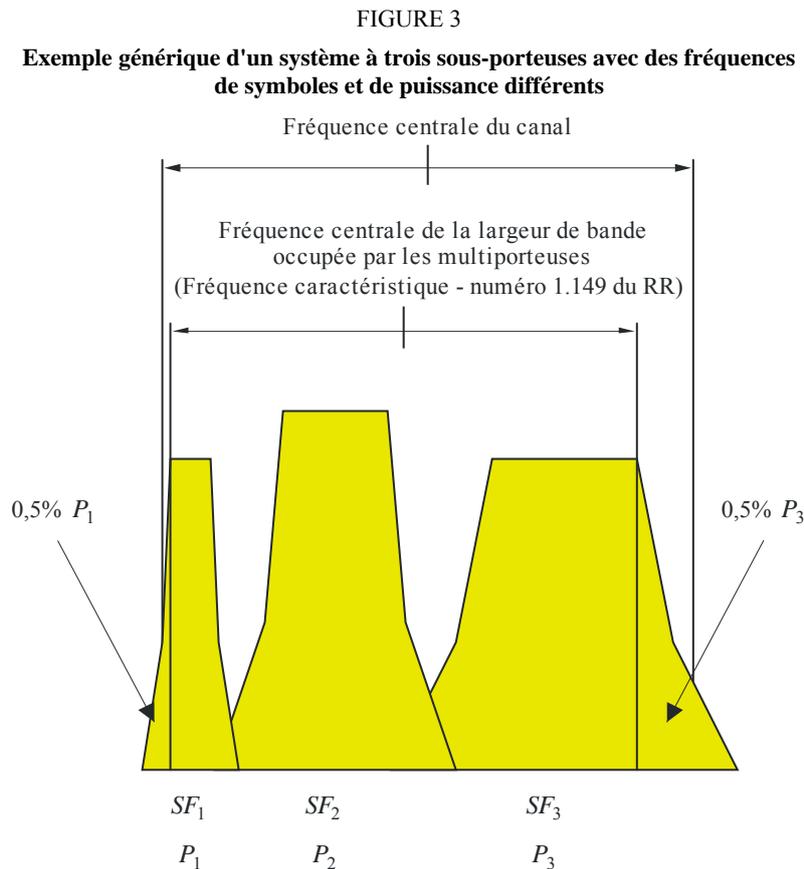
ΔF : espacement de fréquence entre les fréquences centrales des sous-porteuses adjacentes.

L'utilisation de la formule (5) suppose l'homogénéité et l'espacement régulier des sous-porteuses; elle suppose également que le bruit de l'émetteur est négligeable par rapport à la puissance hors bande des sous-porteuses extrêmes. Il convient cependant de noter que, dans ce cas, le pourcentage $\beta/2$ évalué pour la puissance totale de toutes les sous-porteuses est égal à $0,5/m$ %.

NOTE 1 – Pour les besoins de la présente Recommandation, les systèmes utilisant la modulation orthogonale par division de fréquences ne sont pas considérés comme des systèmes multiporteuses; dans ces systèmes, les nombreuses sous-porteuses ne sont pas modulées de façon indépendante.

3.2 Cas d'un nombre arbitraire de sous-porteuses espacées arbitrairement en fréquence avec des puissance différentes

Un exemple générique de ce cas est indiqué sur la Fig. 3.



F.1191-03

La Fig. 3 indique les concepts génériques de fréquences centrales et de largeur de bande occupée pour des systèmes à multiporteuses avec des sous-porteuses arbitraires.

Les pourcentages de puissance dépassant ce qu'on désigne par largeur de bande occupée, par rapport à la puissance totale du système, sont évalués de la façon suivante:

$$\text{Bord inférieur: } \beta/2_L = 0,5 \frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \%$$

$$\text{Bord supérieur: } \beta/2_U = 0,5 \frac{P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \%$$

Le centre de la largeur de bande occupée définie peut être décalé par rapport à la fréquence centrale du canal, afin d'égaliser la puissance rejetée des deux côtés du canal.