

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1472-1 (01/2010)

Méthode d'évaluation des effets des brouillages causés par des systèmes à accès multiple par répartition dans le temps/accès multiple par répartition en fréquence (AMRT/AMRF) du service mobile par satellite (SMS)(espace vers Terre) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base de récepteurs analogiques avec multiplexage par répartition en fréquence-modulation de fréquence (MRF-MF) du service fixe en visibilité directe

Série M

Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés



Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Recommandations UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

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 M.1472-1*

Méthode d'évaluation des effets des brouillages causés par des systèmes à accès multiple par répartition dans le temps/accès multiple par répartition en fréquence (AMRT/AMRF) du service mobile par satellite (SMS) (espace vers Terre) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base de récepteurs analogiques avec multiplexage par répartition en fréquence-modulation de fréquence (MRF-MF) du service fixe en visibilité directe

(Questions UIT-R 201/4 et UIT-R 118/5)

(2000-2010)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit une méthode d'évaluation des effets des brouillages causés par des systèmes AMRT/AMRF du service mobile par satellite (SMS) (espace vers Terre) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base de récepteurs analogiques MRF-MF du service fixe en visibilité directe. Cette méthode peut également être utilisée dans le cadre d'une coordination détaillée entre le SMS et le service fixe pour affiner davantage les résultats obtenus en appliquant la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R M.1319.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande de fréquences 1 518-1 525 MHz est attribuée au service mobile par satellite (SMS) (espace vers Terre) et au service fixe à titre co-primaire dans toutes les Régions;
- b) que la bande de fréquences 1 525-1 559 MHz est elle aussi attribuée au SMS (espace vers Terre) à titre primaire dans toutes les Régions;
- c) que la bande de fréquences 1 525-1 530 MHz est quant à elle attribuée au service fixe à titre primaire dans les Régions 1 et 3 et que la bande de fréquences 1 550-1 559 MHz est elle aussi attribuée au service fixe à titre primaire dans certains pays;
- d) que le SMS (espace vers Terre) et le service fixe font l'objet d'attributions de fréquences à titre co-primaire dans la bande de fréquences 2 170-2 200 MHz dans toutes les Régions et dans la bande de fréquences 2 160-2 170 MHz dans la Région 2;
- e) que les émissions des satellites SMS pourraient provoquer un brouillage des récepteurs en visibilité directe exploités dans ces bandes;
- f) que ce brouillage implique des phénomènes, évoluant dans le temps, tels que la géométrie de brouillage, les conditions de propagation et le trafic du SMS;
- g) que la simulation par ordinateur est généralement l'unique façon d'évaluer avec exactitude ce type de brouillage;

* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 4 et 5 du Secteur des radiocommunications et toute révision ultérieure sera également réalisée conjointement par les deux Commissions.

- h) que de telles simulations produisent généralement des statistiques concernant les valeurs des rapports C/I , C/N et $C/(N + I)$ observés dans les systèmes concernés du service fixe;
- j) qu'il est possible, dans la plupart des cas, d'évaluer les effets et l'acceptabilité de ce brouillage dans le cadre d'une coordination bilatérale détaillée en étudiant, au moyen d'une simulation par ordinateur, les statistiques des valeurs des rapports C/N , C/I et $C/(N + I)$, tel qu'indiqué dans la Recommandation UIT-R M.1319;
- k) que dans certains cas critiques, il peut être nécessaire, dans le cadre d'une coordination bilatérale détaillée, d'évaluer au moyen d'une simulation par ordinateur les effets du brouillage sur les objectifs de qualité de fonctionnement en bande de base de systèmes MRF-MF analogiques du service fixe,

recommande

1 que la méthode présentée à l'Annexe 1 puisse être utilisée, dans le cadre d'une coordination bilatérale détaillée entre les parties concernées, pour permettre une évaluation détaillée des effets du brouillage causé par des satellites AMRT/AMRF du SMS, dans la bande des 1-3 GHz attribuée au SMS, sur la qualité de fonctionnement en bande de base de récepteurs analogiques MRF-MF du service fixe en visibilité directe, lorsqu'il est nécessaire d'affiner davantage les résultats obtenus à l'aide de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R M.1319 (voir les Notes 1, 2 et 3).

NOTE 1 – L'application de la méthode décrite dans la présente Recommandation exigera l'élaboration d'algorithmes ou de procédures de calcul permettant de mettre en œuvre les considérations exposées. L'utilisation ou l'adaptation de ces algorithmes ou de ces procédures dans le cadre d'une coordination bilatérale quelconque devraient faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

NOTE 2 – Dans les pays où de nombreux systèmes du service fixe sont exploités, il est peut-être suffisant d'appliquer l'analyse à un jeu représentatif de systèmes existants du service fixe, avec des valeurs réelles de paramètres du service fixe, en tenant compte particulièrement des systèmes du service fixe susceptibles de présenter une plus grande vulnérabilité aux brouillages. Les systèmes du service fixe qui sont les plus vulnérables sont généralement pointés pratiquement dans la direction de l'azimut le plus défavorable; il est possible de déterminer cette direction d'après les caractéristiques orbitales du système du SMS. Cette question devra cependant donner lieu à un accord entre les parties concernées.

NOTE 3 – Dans le cas des systèmes OSG du SMS, les calculs sont considérablement simplifiés, étant donné qu'il n'est pas nécessaire de simuler la mécanique orbitale de la constellation SMS; toutefois, il peut être nécessaire, lorsque les effets du brouillage sont évalués, d'examiner le brouillage susceptible d'être causé par plusieurs satellites OSG du SMS.

Annexe 1

Méthode d'évaluation des effets des brouillages causés par les systèmes AMRT/AMRF du SMS sur la qualité de fonctionnement en bande de base de récepteurs analogiques MRF-MF du service fixe en visibilité directe fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz

1 Introduction

Le partage des fréquences entre les systèmes SMS et ceux du service fixe met en cause des phénomènes qui évoluent dans le temps, tels que la géométrie des brouillages, les conditions de propagation, etc. La simulation est généralement l'unique façon d'évaluer avec exactitude le brouillage entre les systèmes du SMS et du service fixe. Ces simulations produisent généralement des statistiques concernant les rapports C/I , C/N et $C/(N + I)$ aux fréquences radioélectriques, présentées d'ordinaire sous forme de fonction de distribution cumulative.

La Recommandation UIT-R M.1319 indique une méthode qui permet, entre autres, d'exprimer les objectifs de qualité de fonctionnement en bande de base pour les systèmes analogiques MRF-MF et MF-TV du service fixe spécifiés dans les Recommandations UIT-R F.393¹ et UIT-R F.555² sous la forme d'une valeur équivalente requise du rapport $C/(N + I)$ pendant un pourcentage de temps donné avec, si nécessaire, l'application d'un facteur d'échelle pour prendre en compte les liaisons effectives du service fixe de longueur inférieure à celle des circuits de référence. Ces objectifs équivalents de qualité de fonctionnement aux fréquences radioélectriques sont représentés graphiquement par des courbes de distribution cumulative du rapport $C/(N + I)$, le but étant d'évaluer le caractère acceptable du brouillage produit par les satellites SMS.

La méthode décrite dans la Recommandation UIT-R M.1319, bien qu'elle repose sur un travail important de simulation par ordinateur, s'avère relativement simple à traduire sous forme de programme informatique, puisque tous les calculs et toutes les comparaisons sont effectuées aux fréquences radioélectriques. Cette méthodologie devrait être utilisée au cours de la phase de coordination détaillée entre administrations, officiellement exigée et déclenchée par l'application du Règlement des radiocommunications (RR), afin de déterminer si le brouillage est ou non acceptable compte tenu des données réelles dont on dispose sur les systèmes du service fixe et des objectifs correspondants de qualité de fonctionnement et de disponibilité fixés par l'UIT-R.

Dans certains cas, pendant la phase de coordination bilatérale, il peut être nécessaire pour les parties concernées d'examiner davantage les effets du brouillage causé par le SMS sur les objectifs de qualité de fonctionnement de systèmes analogiques du service fixe. Ce cas pourrait se produire si les résultats de la méthode de simulation décrite dans la Recommandation UIT-R M.1319 susmentionnée n'ont pas un caractère suffisamment définitif pour permettre de tirer des conclusions sur la coordination en fréquence.

La présente Annexe a pour objectif de présenter les méthodes permettant d'évaluer de manière plus précise les dégradations de la qualité de fonctionnement en bande de base subies par les porteuses analogiques MRF-MF du service fixe, compte tenu de l'incidence de séparations de fréquences variables qui existeraient dans le cas de multiples porteuses brouilleuses à bande étroite et vu que le

¹ La Recommandation UIT-R F.393 a été supprimée en 2007. Il se peut toutefois qu'il existe encore quelques systèmes fixes auxquels elle serait applicable.

² La Recommandation UIT-R F.555 a été supprimée en 2007. Il se peut toutefois qu'il existe encore quelques systèmes fixes auxquels elle serait applicable.

facteur de réduction du brouillage (ou facteur B) et le rapport de protection requis indiqué dans la Recommandation UIT-R SF.766 indiquent qu'il existe une forte dépendance vis-à-vis de la séparation de fréquences entre les porteuses utile et brouilleuse.

La méthode décrite dans la présente Annexe fait intervenir des outils de simulation plus évolués que ceux qui sont décrits dans la Recommandation UIT-R M.1319 et devrait exiger la mise en œuvre de ressources informatiques considérablement plus nombreuses.

2 Méthode à appliquer pour les systèmes MRF-MF du service fixe

2.1 Système MRF-MF de référence du service fixe utilisé pour la simulation

Dans le cadre de la phase de coordination détaillée, on devrait disposer de paramètres réels concernant les trajets analogiques du service fixe pour évaluer les effets du brouillage causé par le SMS. A noter que dans la gamme des 1-3 GHz, les stations intermédiaires du service fixe dans une section modem de ce service sont généralement équipées de répéteurs FI. La démodulation vers la bande de base s'effectue à la station terminale. Comme elle n'a pas lieu au niveau des répéteurs intermédiaires, il n'est nécessaire de calculer le brouillage en bande de base qu'au niveau du dernier répéteur ou du répéteur terminal dans la section modem ou sur la liaison effective du service fixe.

Selon la Recommandation UIT-R F.393, les valeurs maximales admissibles de la puissance du bruit en un point de niveau relatif zéro, dans n'importe quelle voie téléphonique du circuit fictif de référence de 2 500 km de longueur pour faisceaux hertziens de téléphonie à MRF, ne devraient pas dépasser les valeurs ci-après, qui ont été choisies pour tenir compte des conditions de propagation défavorables:

- 7 500 pW_{0p}, puissance psophométrique moyenne, pendant une minute, pendant plus de 20% d'un mois quelconque;
- 47 500 pW_{0p}, puissance psophométrique moyenne, pendant une minute, pendant plus de 0,1% d'un mois quelconque;
- 1 000 000 pW₀, puissance non pondérée (avec un temps d'intégration de 5 ms) pendant plus de 0,01% d'un mois quelconque.

2.2 Estimation des statistiques concernant le brouillage et le bruit thermique en bande de base

2.2.1 Description générale

Les effets du brouillage causé par des systèmes à satellites du SMS recourant à des modes de modulation/d'accès à bande étroite vers une voie téléphonique MRF-MF en bande de base peuvent être évalués de la manière suivante.

A l'aide des méthodes de simulation décrites dans la Recommandation UIT-R M.1319, il est possible d'estimer les valeurs des rapports C/I et C/N à chaque intervalle de temps de la période de simulation pour chaque récepteur du service fixe sur une liaison de ce service, avec le calcul des niveaux du rapport C/I produit par chaque porteuse AMRT/AMRF du SMS dans la largeur de bande du récepteur MRF-MF du service fixe.

La puissance de brouillage aux fréquences radioélectriques au niveau du k -ième récepteur peut être obtenue sous la forme du k -ième terme de l'équation (1) qui figure à l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R M.1143. La puissance porteuse reçue au k -ième récepteur comprend la perte due à l'évanouissement causé par la propagation par trajets multiples sur le k -ième bond du trajet des faisceaux hertziens.

Lorsque la valeur du rapport C/I est connue pour chaque porteuse à bande étroite du SMS à chaque intervalle de temps, l'étape suivante consiste à convertir la valeur C/I en puissance de bruit en bande de base. La méthode qui permet de calculer la puissance du bruit de brouillage en bande de base s'inspire de la Recommandation UIT-R SF.766. Le facteur de réduction du brouillage B (dB) est exprimé de la manière suivante:

$$B = 10 \log \frac{2(\delta f)^2 p(f/f_m)}{b f^2 D(f, f_0)} \quad (1)$$

$$D(f, f_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f + f_0 - F) dF + \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f - f_0 - F) dF + S(f + f_0) P_{10} + S(f - f_0) P_{10} + S_0 P_1(f + f_0) + S_0 P_1(f - f_0) + \frac{S_0 P_{10}}{b} \delta(f - f_0) \quad (2)$$

$$P_1(f) = P(f) A^2(f) \quad (3)$$

$$P_{10} = P_0 A^2(0) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \delta(f - f_0) &= 1 && \text{pour } f = f_0 \\ \delta(f - f_0) &= 0 && \text{pour } f \neq f_0 \end{aligned} \quad (4a)$$

où:

- δf : valeur efficace de l'excursion du signal d'essai (sans préaccentuation) du signal utile (kHz)
- f : fréquence centrale de la voie considérée, située dans la bande de base du signal utile (kHz)
- f_m : fréquence supérieure de la bande de base du signal utile (en kHz)
- $p(f/f_m)$: facteur de préaccentuation pour la fréquence centrale considérée, dans la bande de base de la porteuse utile
- b : largeur de bande de la voie téléphonique (3,1 kHz)
- f_0 : écart entre fréquences porteuses des signaux utile et brouilleur (kHz)
- $S(f)$: partie continue de la densité spectrale de puissance normalisée du signal utile avec préaccentuation (Hz^{-1})
- S_0 : puissance porteuse résiduelle normalisée du signal utile
- $P(f)$: partie continue de la densité spectrale de puissance normalisée du signal brouilleur (Hz^{-1})
- P_0 : puissance porteuse résiduelle normalisée du signal brouilleur
- $A(f)$: caractéristique amplitude/fréquence du filtre de réception du signal utile, l'origine des fréquences étant la fréquence centrale de la porteuse du signal brouilleur.

Les densités spectrales de puissance sont normalisées par rapport à l'unité et sont supposées être unilatérales (fréquences positives seulement).

L'expression de N_p en fonction du rapport C/I est déduite des équations (5) et (6). On constate que la détermination de N_p nécessite:

- la connaissance du spectre du signal utile (téléphonie analogique);
- la connaissance du spectre du signal brouilleur.

La puissance de brouillage pondérée, N_p , s'obtient en tant que puissance non pondérée dans 1,75 kHz, ce qui conduit à:

$$N_p = 10^{0,1(87,5-B-C/I)} \quad (5)$$

C/I étant le rapport porteuse/brouillage (dB).

Le calcul du facteur de réduction du brouillage comprend la convolution des spectres des puissances utile et brouilleuse. Les spectres de puissance du faisceau hertzien du service fixe à diverses capacités de voie sont indiqués dans la Recommandation UIT-R SF.766. Une fois obtenue une expression ou une valeur pour le facteur de réduction du brouillage, il est facile de calculer le bruit en bande de base.

Les niveaux du bruit thermique en bande de base au niveau de chaque récepteur du service fixe peuvent être calculés à partir des estimations du rapport C/N à chaque intervalle de temps et au moyen de la relation type entre le rapport C/N et le rapport S/N en bande de base applicable aux systèmes MRF-MF du service fixe.

A chaque intervalle de temps, il est possible de déterminer de la manière indiquée ci-après le bruit total en bande de base à la fin du trajet des faisceaux hertziens:

$$(I + N)_{BB} = \sum_k (N_{pk} + N_{Tk} + N_{Ik} L_{MPk}) + N_{autres} \quad (6)$$

où:

- $(I + N)_{BB}$: bruit total en bande de base sur la liaison de service fixe (pw)
- N_{pk} : puissance de brouillage pondérée pour le k -ième récepteur (d'après l'équation (5))
- N_{Tk} : bruit thermique à l'entrée du k -ième récepteur
- N_{Ik} : bruit de brouillage intra-service estimé en bande base au k -ième récepteur
- L_{MPk} : affaiblissement des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples pour le k -ième bond
- N_{autres} : bruit du système en bande de base provenant de toutes les autres sources. (Pour les faisceaux hertziens analogiques MF utilisés en téléphonie, il faut tenir compte du bruit de distorsion d'intermodulation et des contributions brouilleuses de certains composants de système tels que les multiplexeurs et démultiplexeurs, et des liaisons d'entrée.)

Il convient de noter que les trois termes qui font l'objet d'une sommation dans l'équation (6) dépendent de l'affaiblissement des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples sur le k -ième bond bien que N_{pk} et N_{Tk} prennent déjà en compte l'effet de commande automatique de gain.

Les statistiques relatives au bruit total en bande de base peuvent être établies à partir des estimations du bruit total en bande de base à chaque intervalle de temps.

2.2.2 Méthode spécifique

Pour calculer la puissance composite du bruit de brouillage et du bruit thermique dans la voie téléphonique donnée (en général la voie supérieure) dans le système MRF-MF, procéder comme suit:

Etape 1: Calculer, pour chaque intervalle de temps, la puissance de porteuse C au niveau de chaque station de réception du service fixe avec prise en compte de l'évanouissement par trajets multiples sur ce bond particulier. Les évanouissements dus à la propagation par trajets multiples sont pris en compte au moyen d'un modèle de prévision de la profondeur des évanouissements aléatoires, dont les résultats sont cohérents par rapport à la distribution statistique établie par application du modèle des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples définie dans la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 2: Calculer, pour chaque intervalle de temps, la puissance du signal brouilleur, I au niveau de chaque station de réception du service fixe produite par chacune des porteuses brouilleuses du SMS à accès AMRT-AMRF, en tenant compte du découplage de polarisation du faisceau ponctuel de satellite SMS et de l'antenne de réception du service fixe, ainsi que de la puissance/charge de trafic des faisceaux ponctuels de satellites du SMS et des plans de fréquences.

Etape 3: Calculer, pour chaque intervalle de temps, le rapport C/I produit par chacune des porteuses brouilleuses AMRT/AMRF du SMS provenant de chacun des faisceaux ponctuels émis par chaque satellite visible SMS et le rapport C/N au niveau de chaque station de réception du service fixe.

Etape 4: Calculer, pour chaque intervalle de temps, les rapports C/I composite et C/N pour le système du service fixe.

Etape 5: Calculer, pour chaque intervalle de temps, au niveau de la station de réception terminale du service fixe, le facteur de réduction du brouillage en bande de base, ou facteur B , à divers intervalles de décalage de fréquence au moyen de l'équation (1) et la puissance du bruit de brouillage en bande de base au moyen de l'équation (5), à partir des estimations du rapport C/I par porteuse et en tenant compte de la largeur de bande attribuée à la porteuse brouilleuse du SMS à accès AMRT à bande étroite. Il est possible de se servir d'une table de consultation pour les valeurs du facteur B à divers décalages de fréquence.

Etape 6: Calculer, pour chaque intervalle de temps, au niveau de la station de réception terminale du service fixe, le bruit thermique en bande de base à partir des estimations des rapports C/N et de la conversion applicable du rapport C/N en rapport S/N pour le système MRF-MF du service fixe.

Etape 7: Calculer, pour chaque intervalle de temps, au niveau de la station de réception terminale du service fixe, la somme des brouillages totaux en bande de base produits par chacune des multiples porteuses brouilleuses AMRT/AMRF du SMS et la puissance du bruit thermique reçue par la voie supérieure en bande de base.

Etape 8: Répéter les étapes ci-dessus pour chaque intervalle de temps pendant une période de temps statistiquement significative correspondant à la durée d'un cycle orbital complet ou d'un cycle équivalent de la constellation de satellites SMS et à une période représentative des propriétés des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples.

Etape 9: Enfin, calculer et représenter graphiquement la distribution de probabilité du bruit total en bande de base, qui peut être ensuite comparée aux objectifs de la Recommandation UIT-R F.393, qui auront été répartis de manière appropriée.

3 Exemple d'application

Un exemple d'application de la méthode susmentionnée est indiqué à l'Appendice 1.

Appendice 1 à l'Annexe 1

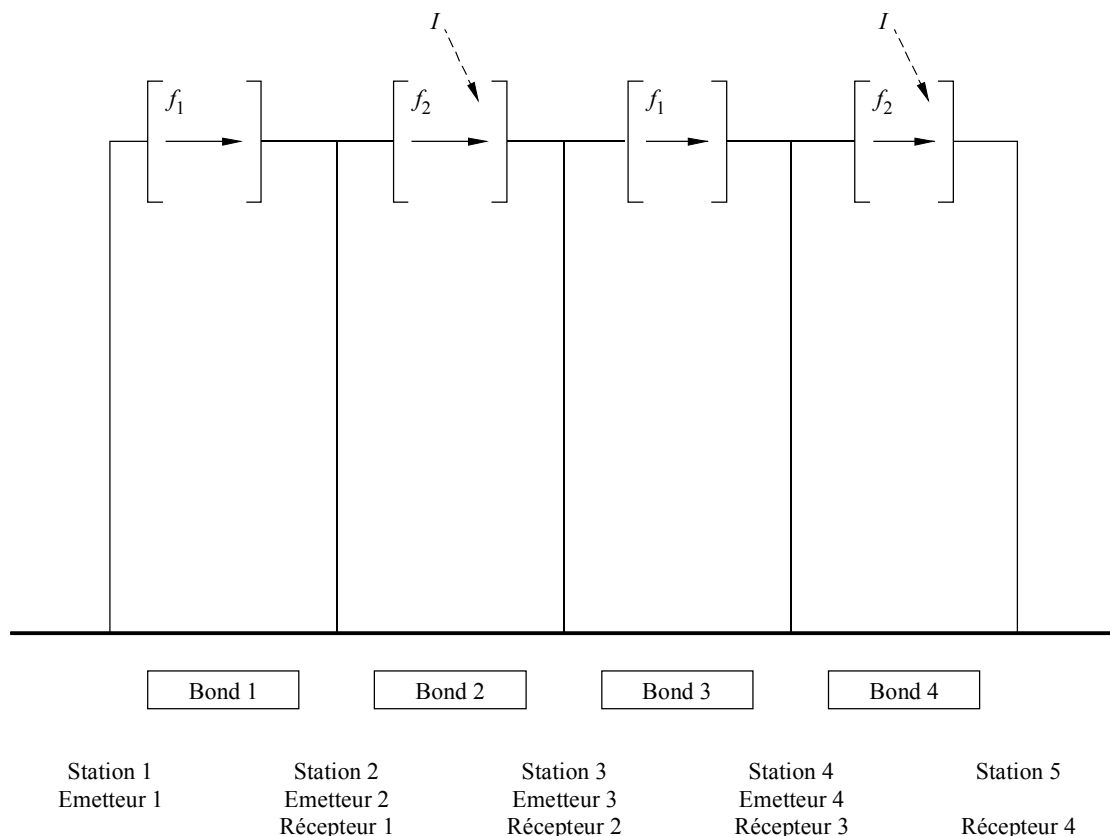
Exemple d'application de la méthode utilisée pour calculer le brouillage en bande de base causé par un système LEO-F à des faisceaux hertziens MRF-MF à 4 bonds et à 960 voies

1 Introduction

Le présent appendice montre comment appliquer la méthode expliquée dans l'Annexe 1 pour calculer le brouillage en bande de base et le bruit thermique causés par un système LEO-F à un faisceau hertzien MRF-MF à 4 bonds et à 960 voies fonctionnant dans la bande de 2 GHz (voir la Fig. 1).

FIGURE 1

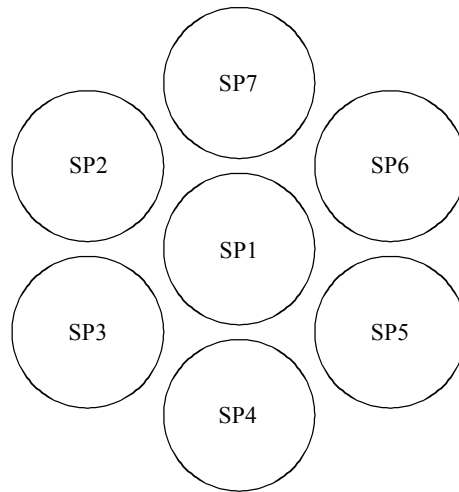
Configuration d'un faisceau hertzien en visibilité directe



2 Plans de fréquences du système LEO-F et du faisceau hertzien MRF-MF

L'étude porte sur un schéma de réutilisation des fréquences à sept cellules. On prend comme hypothèse six faisceaux ponctuels (SP, *spot beams*) (SP2, SP3, SP4, SP5, SP6 et SP7) d'une largeur de bande de 1 MHz chacun et un faisceau ponctuel (SP1) d'une largeur de bande de 2 MHz. On suppose qu'un intervalle de fréquence de 2 181-2 189 MHz est utilisé pour la simulation du système MRF-MF (voir la Fig. 2) et que la fréquence centrale de la voie MRF-MF est de 2 185 MHz, avec une largeur de bande de 20 MHz.

FIGURE 2
**Plan de fréquences des faisceaux ponctuels d'un système LEO-F
 et d'un système MRF-MF à 960 voies**



SP2	SP3	SP4	SP1	SP5	SP6	SP7
2 181	2 182	2 183	2 184	2 186	2 187	2 188
						2 189 MHz

1472-02

3 Paramètres d'émission du système MRF-MF du service fixe

Le diagramme de gain hors axe de l'antenne du service fixe est celui qui est spécifié dans la Recommandation UIT-R F.1245. Les paramètres du système MRF-MF sont indiqués au Tableau 1. Le spectre de puissance normalisé du système à 960 voies du service fixe provient des graphes figurant dans la Recommandation UIT-R SF.766 (voir la Fig. 3a). On suppose qu'une configuration $(\sin x/x)^2$ est utilisée pour la porteuse MDP-4/AMRT à bande étroite (voir la Fig. 3b). Le Tableau 2 indique les caractéristiques de la station et les fréquences d'émission des systèmes MRF-MF du service fixe utilisées dans la simulation.

TABLEAU 1
Paramètres d'un système MRF-MF

Paramètre	Système à 960 voies du service fixe
Largeur de bande RF (MHz)	20
Fréquence supérieure de la bande de base (kHz)	4 028
Fréquence inférieure de la bande de base (kHz)	60
Valeur efficace de l'excursion de la tonalité d'essai (kHz)	200
Facteur de charge	5,5
Valeur efficace de l'excursion multivoie (kHz)	1 100
Indice de modulation multivoie	0,273
Porteuse résiduelle normalisée (dB)	-9,21
Gain de l'antenne de réception en visibilité directe (dBi) (diamètre de 3,7 m)	34
Pertes dans ligne d'alimentation/multiplexeur (dB)	3
Niveau de puissance maximale de sortie de l'émetteur (dBW)	7
Niveau de puissance nominale d'entrée du récepteur (dBW)	-64
Facteur de bruit du récepteur ⁽¹⁾ (dB)	10

⁽¹⁾ Bien qu'un facteur de bruit de 10 dB ait été utilisé dans cet exemple, un facteur de 8 dB serait plus représentatif dans cette gamme de fréquences.

TABLEAU 2
Caractéristiques des stations et des fréquences porteuses pour un système MRF-MF

Station	Latitude	Longitude	Longueur de bond (km)	Fréquence d'émission (MHz)	Fréquence de réception (MHz)
STN 1	29,66° N	122,50° E	48,5	2 166	–
STN 2	29,94° N	122,12° E	48,4	2 185	2 166
STN 3	30,22° N	121,73° E	48,4	2 166	2 185
STN 4	30,50° N	121,35° E	48,3	2 185	2 166
STN 5	30,78° N	120,96° E	–	–	2 185

Azimut de pointage le plus défavorable: 49,9° par rapport au récepteur 4.

FIGURE 3a
 Spectre de puissance normalisée d'une porteuse MRF-MF à 960 voies

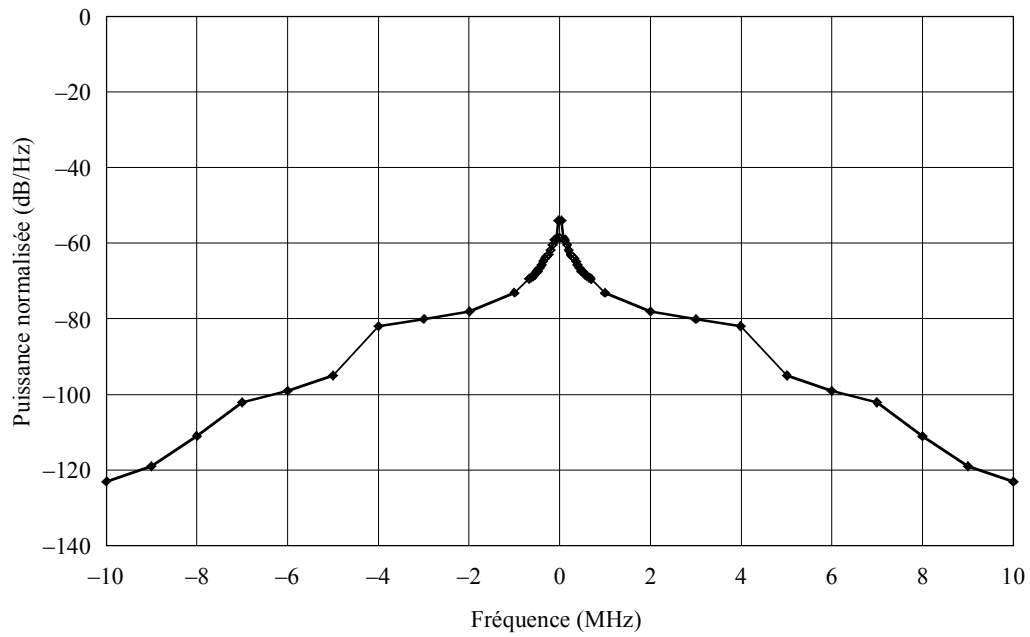
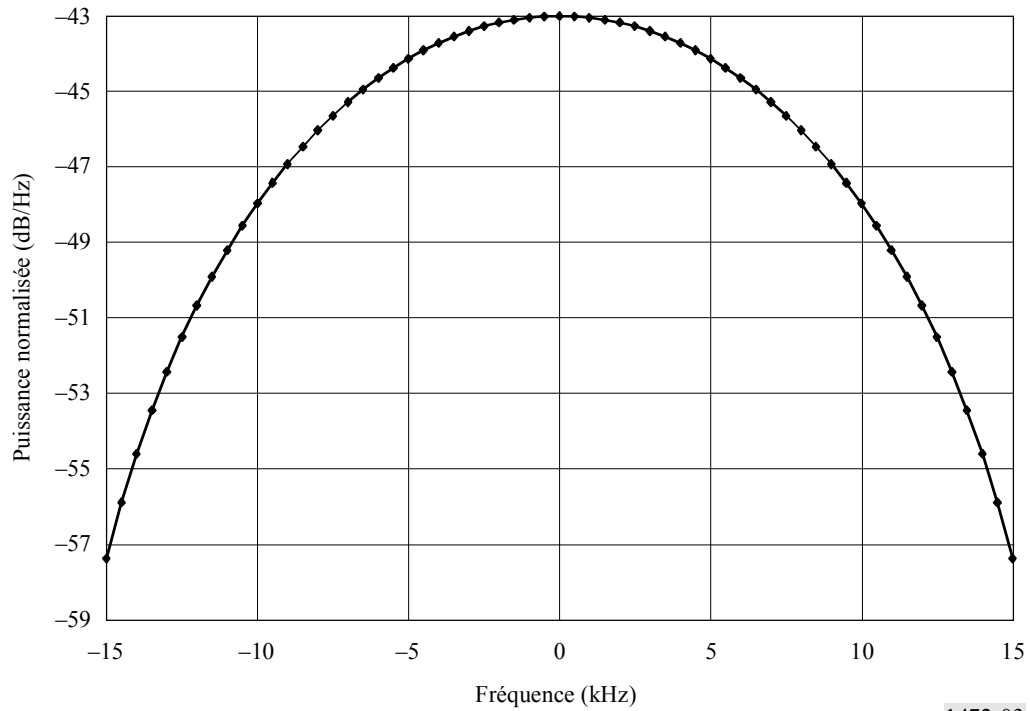


FIGURE 3b
 Spectre de puissance normalisée de la porteuse AMRT/MDP-4 d'un système LEO-F à 25 kHz



4 Paramètres du système LEO-F

A supposer qu'un faisceau ponctuel ayant les caractéristiques ci-après est utilisé aux fins de la simulation: p.i.r.e. de 32,2 dBW, ouverture de 3,4° (à 3 dB) et diagramme hors axe de $-12 (\theta/\theta_0)^2$ (dB). Les autres paramètres du système LEO-F sont résumés au Tableau 3.

TABLEAU 3
Paramètres d'un système LEO-F

a) Caractéristiques de la constellation

Nombre de satellites	10
Altitude (km)	10 355
Nombre de plans	2
Inclinaison orbitale (degrés)	45
Nombre de satellites par plan	5
Espacement angulaire des satellites entre plans (degrés)	0
Espacement angulaire des satellites dans les plans (degrés)	72

b) Bandes de fréquences (liaisons du service)

Terre vers espace (MHz)	1 980-2 010
Espace vers Terre (MHz)	2 170-2 200

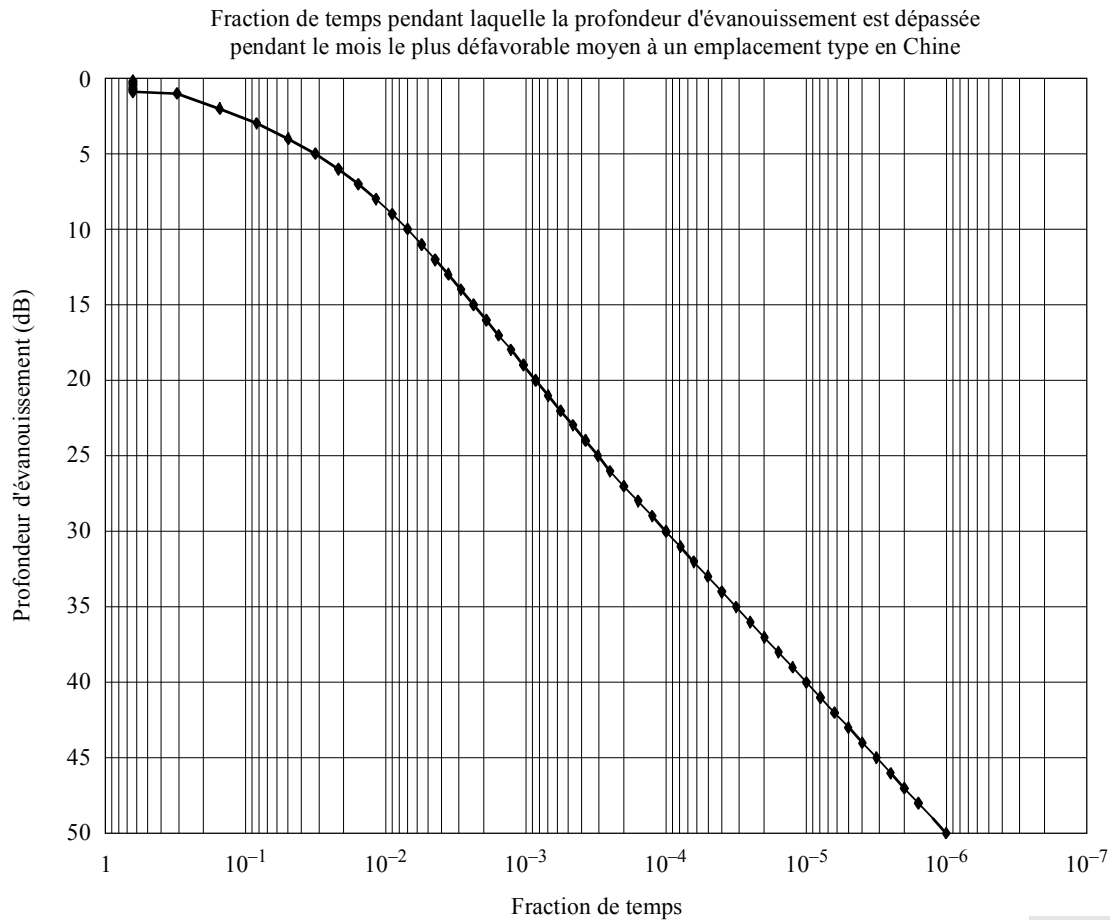
c) Faisceaux des satellites/trafic de la porteuse

Nombre de faisceaux ponctuels	163
Type de porteuse	TDMA/FDMA
Débit de symboles de la porteuse (ksymbole/s)	18
Largeur de bande attribuée à la porteuse (kHz)	25
p.i.r.e. du faisceau/porteuse (dBW)	32,2
Intervalles de temps pour la téléphonie/paquets AMRT	6
Capacité maximale du satellite	4 500 voies téléphoniques
Charge de trafic maximale par faisceau	1 MHz/2 MHz

5 Distribution des évanouissements dans le service fixe

La distribution des évanouissements pendant divers pourcentages de temps est évaluée conformément à la Recommandation UIT-R P.530. La Fig. 4 donne la distribution type des évanouissements pendant divers pourcentages de temps, à un emplacement situé en Chine à une latitude de 30,78° N et à une longitude de 129,96° E.

FIGURE 4
Profondeur d'évanouissement en fonction du temps



1472-04

6 Valeurs du facteur B

La Fig. 5 donne les valeurs du facteur B obtenues à divers décalages de fréquence au moyen de la convolution du spectre de puissance du système MRF-MF à 960 voies avec une porteuse MDP-4/AMRT à 25 kHz.

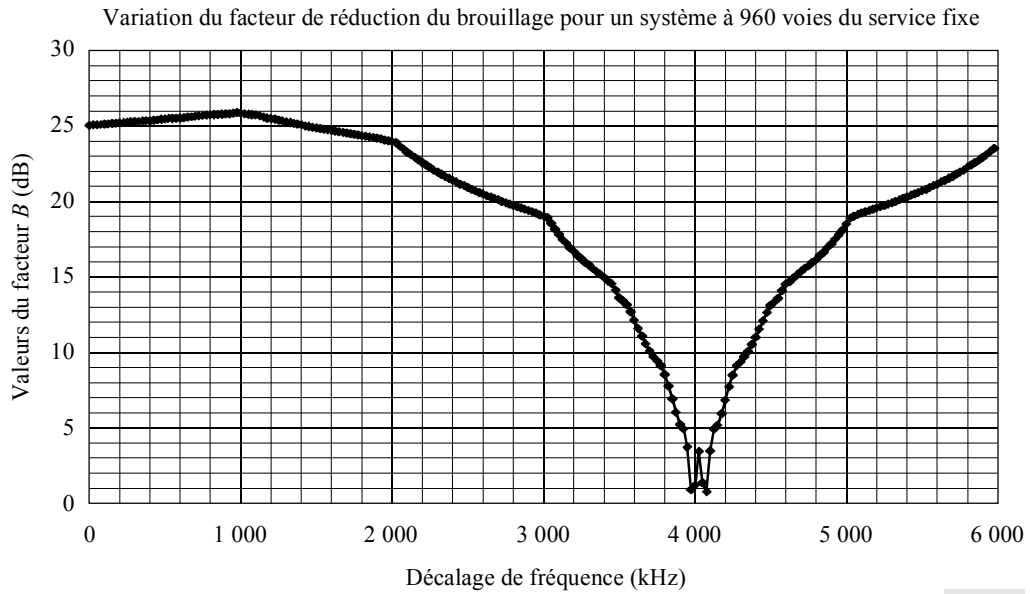
7 Résultats de la simulation

La simulation est effectuée à l'angle d'azimut le plus défavorable à des intervalles de temps de 50 s et sur une durée totale de 50 jours. La distribution du brouillage et de la puissance de bruit thermique pendant divers pourcentages de temps est représentée graphiquement à la Fig. 6.

Les valeurs de bruit de brouillage dans le mode MRF-MF sont comparées aux objectifs énoncés dans la Recommandation UIT-R F.393, qui ont été proportionnellement répartis dans cet exemple. Nous pouvons observer que les objectifs de qualité de fonctionnement à long et à court terme sont largement atteints. L'hypothèse d'une répartition proportionnelle doit faire l'objet d'un complément d'étude.

FIGURE 5

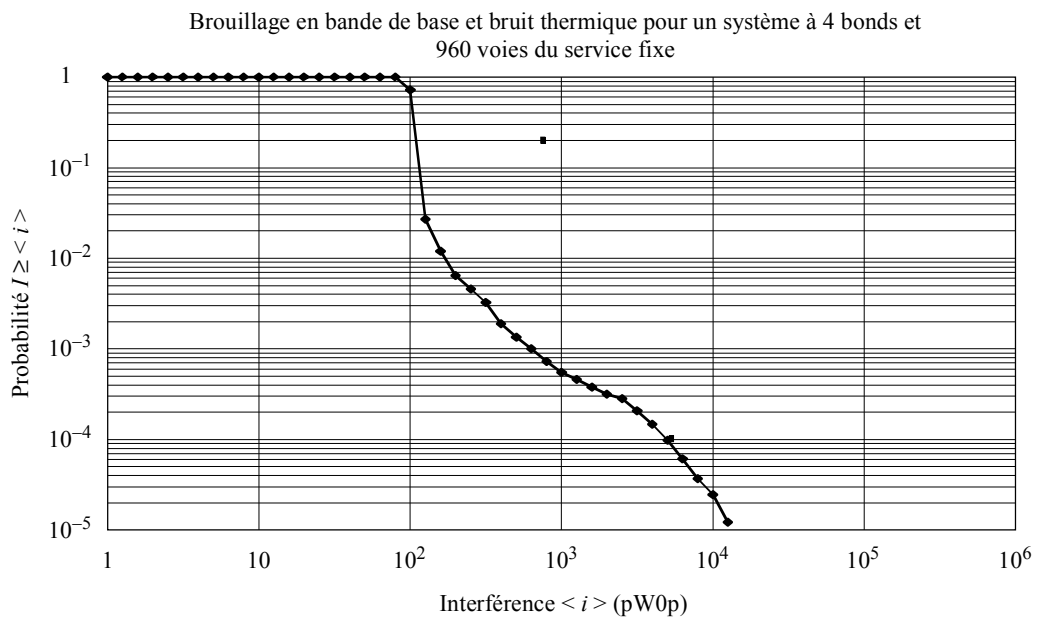
Valeurs du facteur B en fonction de la séparation de fréquences pour un système MRF-MF



1472-05

FIGURE 6

Distribution du brouillage en bande de base et du bruit thermique pour un système MRF-MF



- Série 1
- Recommandation UIT-R F.393

1472-06