

## RECOMMANDATION UIT-R SF.674-2

**Détermination des conséquences sur le service fixe fonctionnant  
dans la bande 11,7-12,2 GHz, du dépassement par les réseaux  
du service fixe par satellite géostationnaire de la Région 2  
des seuils de puissance surfacique fixés  
dans la Résolution 77 (CMR-2000)**

(1990-1997-2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la bande 11,7-12,2 GHz est attribuée au service fixe à l'échelle mondiale et au service fixe par satellite (SFS) dans la Région 2;
- b) que l'utilisation de cette bande pour le SFS doit faire l'objet d'accord préalable avec les administrations dont les services sont conformes au Tableau d'attribution des bandes de fréquences du Règlement des radiocommunications (RR), conformément au numéro 5.488 du RR tel que révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000);
- c) que l'identification des administrations affectées utilisant le service fixe serait facilitée si l'on utilisait des valeurs de puissance surfacique appropriées;
- d) que la puissance surfacique est un des paramètres techniques utilisés pour déterminer les critères qui facilitent le partage entre le SFS et les services de Terre;
- e) qu'aux termes de la Résolution 77 (CMR-2000), toute administration qui envisage d'exploiter un système géostationnaire (OSG) du SFS en Région 2 dans la bande 11,7-12,2 GHz, doit rechercher l'accord de toute administration des Régions 1, 2 et 3 ayant une attribution à titre primaire aux services de Terre dans la même bande de fréquences si la puissance surfacique produite sur son territoire dépasse les seuils spécifiés;
- f) que les réseaux du service fixe peuvent être de type analogique ou numérique,

*notant*

- a) que, dans la bande 11,7-12,2 GHz utilisée en partage entre les systèmes du SFS en Région 2 et les systèmes du service fixe, la Résolution 77 (CMR-2000) définit les seuils de puissance surfacique suivants:

-124	dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz))	pour 0° ≤ θ ≤ 5°
-124 + 0,5 (θ - 5)	dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz))	pour 5° ≤ θ ≤ 25°
-114	dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz))	pour θ > 25°

où θ est l'angle d'incidence à la surface de la Terre de l'onde au-dessus du plan horizontal (degrés);

- b) que les valeurs ci-dessus concernent des puissances surfaciques et des angles d'incidence que l'on obtiendrait dans des conditions de propagation en espace libre,

*recommande*

- 1 d'envisager d'appliquer la méthodologie présentée dans l'Annexe 1 pour déterminer les niveaux des brouillages causés aux systèmes du service fixe par le SFS lorsque les niveaux de seuil de puissance surfacique définis dans la Résolution 77 (CMR-2000) sont dépassés.

## ANNEXE 1

**Détermination des brouillages causés aux systèmes du service fixe****Introduction**

La présente Annexe complète la méthodologie utilisée dans la Recommandation UIT-R F.1107 pour les systèmes analogiques du service fixe, et dans les Recommandations UIT-R F.1107 et UIT-R F.1108 pour les systèmes numériques du service fixe. La Recommandation UIT-R SF.358 contient des indications sur la façon de déterminer les niveaux de puissance surfacique des réseaux à satellite qui permettent de protéger le service fixe. D'après l'Appendice 1 à l'Annexe 2 de la Recommandation précitée, les valeurs absolues de puissance surfacique doivent être choisies telles que la puissance maximale admissible de brouillage spécifiée dans la Recommandation UIT-R SF.357 (1 000 pW) ne soit dépassée que pour une faible fraction des systèmes analogiques du service utilisant cette bande en partage. La Recommandation UIT-R F.1108 utilise le concept de dégradation relative de la qualité de fonctionnement pour les stations numériques du service fixe. La dégradation relative de la qualité de fonctionnement est l'augmentation relative en pourcentage de temps au cours duquel le critère de qualité de fonctionnement ne sera pas respecté à cause de la présence du brouillage. Dans la Recommandation UIT-R F.1108, on propose d'utiliser pour les études de partage une valeur de dégradation relative de la qualité de fonctionnement de 10%. De même, les méthodologies décrites ici permettront de déterminer la proportion des récepteurs du service fixe pour lesquels la dégradation relative de la qualité de fonctionnement dépassera 10%. La dégradation relative de la qualité de fonctionnement ne devra dépasser 10% que pour un petit pourcentage convenu de stations de Terre. L'Appendice 1 contient une discussion de la méthodologie utilisée pour analyser les brouillages causés aux systèmes du service fixe analogique et l'Appendice 2 contient une discussion pour analyser ceux causés aux systèmes numériques. Il convient de noter qu'aucune des méthodologies présentées n'utilise l'évitement d'orbite.

Les Appendices 1 et 2 contiennent des détails sur les méthodologies utilisées et certains résultats. Les analyses présentées dans les Appendices 1 et 2 montrent que l'augmentation de la dégradation de qualité de fonctionnement des systèmes analogiques ou numériques du service fixe, due aux systèmes du SFS ne respectant pas les seuils de puissance surfacique spécifiés dans la Résolution 77 (CMR-2000), dépend des paramètres choisis. Des températures de bruit de 1 500 K pour les stations analogiques du service fixe et de 1 100 K pour les stations numériques du service fixe ont été utilisées dans les calculs. Ces valeurs sont reprises du Tableau 7b de l'Annexe 7 de l'Appendice 7 du RR.

Les méthodologies tiennent également compte des effets de l'affaiblissement dû aux gaz de l'atmosphère, en utilisant la méthodologie décrite dans la Recommandation UIT-R SF.1395.

Les méthodologies appliquées dans la présente Annexe ne tiennent pas compte de l'affaiblissement géométrique du faisceau d'antenne du satellite sur le trajet Terre vers espace. D'après la Fig. 1 de la Recommandation UIT-R P.834, l'affaiblissement géométrique moyen à long terme du faisceau pourrait atteindre 2,5 dB pour un angle d'élévation de 0,1°, 0,85 dB pour un angle d'élévation de 1° et 0,45 dB pour un angle d'élévation de 2°.

Une technique de réduction des brouillages qui pourrait être appliquée au service fixe existant consisterait à réorienter légèrement l'antenne de réception de ces stations afin de réduire le couplage par le faisceau principal avec les émissions provenant du satellite. Des analyses théoriques montrent que les améliorations sont en général modestes, qu'elles dépendent de l'angle hors axe du faisceau principal initial en direction du satellite et qu'elles augmentent avec le rapport brouillage/bruit,  $I/N$ . Pour une valeur du rapport  $I/N$  égale à +10 dB, les améliorations peuvent atteindre plusieurs dB

lorsque le satellite se trouve initialement en dehors de l'ouverture du faisceau à 3 dB de l'antenne de la station du service fixe. Des considérations pratiques de mise en oeuvre de cette technique de réduction des brouillages n'ont pas été examinées, et son efficacité n'a pas encore été confirmée par des essais réels.

## APPENDICE 1

### À L'ANNEXE 1

#### Détermination des brouillages causés aux systèmes analogiques du service fixe

### 1 Méthodologie

La méthodologie de la Recommandation UIT-R F.1107 est résumée ci-après. Les réseaux du SFS sont placés dans l'ordre avec un espacement régulier, 2° par exemple. On suppose que les niveaux de puissance surfacique (pfd) rayonnée par ces systèmes à la surface de la Terre sont les suivants:

$$\begin{array}{ll} pfd_{bas} & \text{pour } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ pfd_{bas} + 0,05(pfd_{haut} - pfd_{bas}) (\theta - 5) & \text{pour } 5^\circ \leq \theta < 25^\circ \\ pfd_{haut} & \text{pour } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{array}$$

où les valeurs de  $pfd_{bas}$  et de  $pfd_{haut}$  sont reprises de la Résolution 77 (CMR-2000), par exemple:  $pfd_{bas} = -124 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  et  $pfd_{haut} = -114 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ .

Dans la présente analyse, on suppose que le réseau analogique du service fixe se compose de 51 stations hertziennes, espacées de 50 km, ce qui correspond à un trajet de 2 500 km. Cette hypothèse est cohérente avec celle de l'analyse décrite dans la Recommandation UIT-R F.1107. Toutefois, dans d'autres Recommandations, telle la Recommandation UIT-R M.1143, on suppose que le nombre de bonds est inférieur et correspond à 13 stations, également espacées de 50 km pour des configurations spéciales. Un nombre inférieur de stations se traduira par un brouillage cumulatif inférieur. Toutefois, le brouillage par station resterait à peu près le même. Etant donné que le brouillage total admissible, 1 000 pW0p, est fondé sur un circuit fictif de référence d'environ 2 500 km, le trajet choisi dans la présente analyse comporte 51 stations. On suppose que pour chaque liaison il y a deux antennes: l'une pointée directement vers la liaison précédente et l'autre vers la liaison suivante. Le centre du trajet a une latitude donnée et une longitude aléatoire. L'angle d'azimut de la droite équivalente du trajet (c'est-à-dire cette direction) est simulé par une valeur aléatoire avec une distribution uniforme entre 0° et 360°. Un autre facteur aléatoire est la position exacte de chaque station relais le long du trajet rectiligne. Dans l'analyse présentée ici, chaque station relais peut se trouver à 10 km au maximum de part et d'autre de la droite équivalente du trajet. Le brouillage total reçu au niveau de chaque trajet est calculé par double somme: d'abord on calcule la somme des contributions au brouillage de chaque satellite du SFS sur chaque liaison du trajet, puis la somme des brouillages causés à chaque liaison afin d'obtenir le brouillage total pour le trajet considéré.

La méthodologie utilisée ici diffère de celle décrite dans la Recommandation UIT-R F.1107 sur un point important. Afin de mesurer l'effet d'un satellite du SFS qui ne respecte pas les seuils de puissance surfacique, on peut spécifier pour l'analyse des satellites additionnels (placés sur les positions orbitales quelconques) afin d'obtenir un dépassement des seuils de puissance surfacique

de  $\beta$  dB. Les puissances surfaciques produites par ces satellites sont supposées être données par les formules suivantes:

$$\begin{aligned} pfd_{bas} + \beta & \quad \text{pour } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ pfd_{bas} + 0,05 (pfd_{haut} - pfd_{bas}) (\theta - 5) + \beta & \quad \text{pour } 5^\circ \leq \theta < 25^\circ \\ pfd_{haut} + \beta & \quad \text{pour } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{aligned}$$

## 2 Résultats

Les Fig. 1, 2 et 3 présentent les résultats d'une analyse de brouillage d'un réseau de satellites numériques OSG du SFS espacés de  $2^\circ$  et venant brouiller un réseau analogique du service fixe. Le calcul de la courbe de seuil pour le système du SFS est effectué pour des valeurs de  $pfd_{bas} = -124$  et de  $pfd_{haut} = -114$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)), la fréquence d'émission étant 11,95 GHz. Le système du service fixe est centré à une latitude de  $40^\circ$ . Dans cet exemple, chaque antenne du service fixe est supposée présenter un gain maximal de 44 dB et chaque récepteur du service fixe une température de bruit de 1 500 K. On utilise un affaiblissement d'alimentation de 3 dB et le diagramme de rayonnement des antennes est conforme à la Recommandation UIT-R F.1245. Dans la légende, le terme «Nsats» désigne le nombre de satellites pour lesquels la courbe de seuil de puissance surfacique est dépassée de  $\beta = 10$  dB, c'est-à-dire les satellites dont  $pfd_{bas} + \beta = -114$  et  $pfd_{haut} + \beta = -104$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)). Dans la Fig. 1, les satellites dont la puissance surfacique dépasse le seuil étaient les Nsats satellites proches de l'horizon du réseau du service fixe, vus depuis le centre du trajet (angles d'élévation les plus faibles). Dans la Fig. 2, les satellites dont la puissance surfacique dépasse le seuil étaient les Nsats satellites les plus proches du réseau du service fixe (angles d'élévation les plus élevés). Dans la Fig. 3, divers autres scénarios sont présentés. La courbe de seuil ici correspond à Nsats = 30, ces satellites étant les plus proches de l'horizon du réseau du service fixe.

FIGURE 1

Brouillage causé par le SFS numérique au service fixe analogique  
lorsque Nsats satellites sont proches de l'horizon

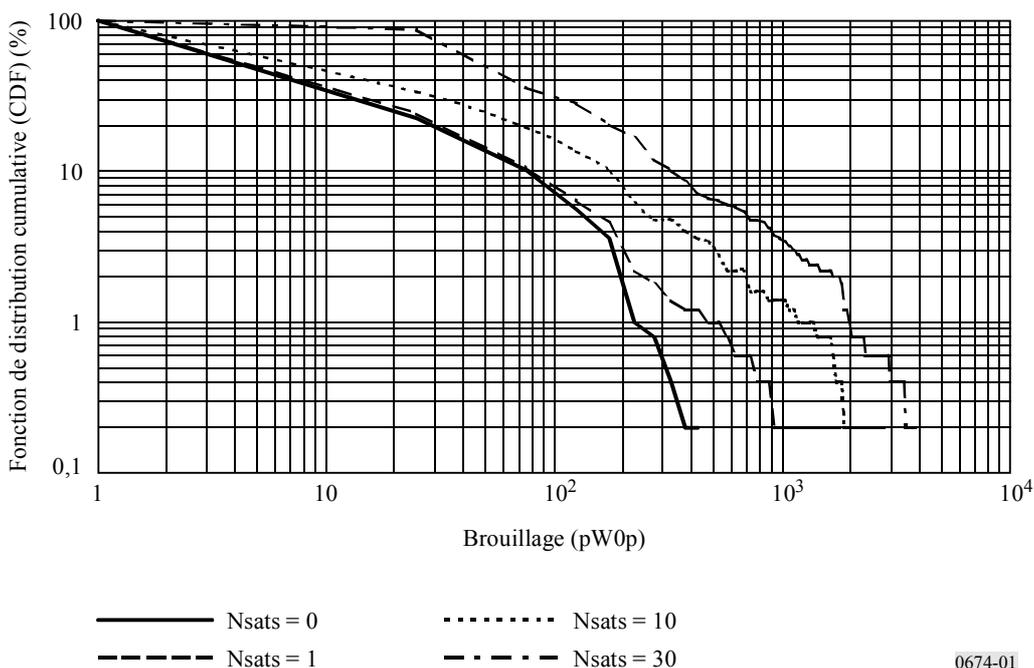


FIGURE 2

Brouillage causé par le SFS numérique au service fixe analogique lorsque  
Nsats satellites sont proches du centre du réseau du service fixe

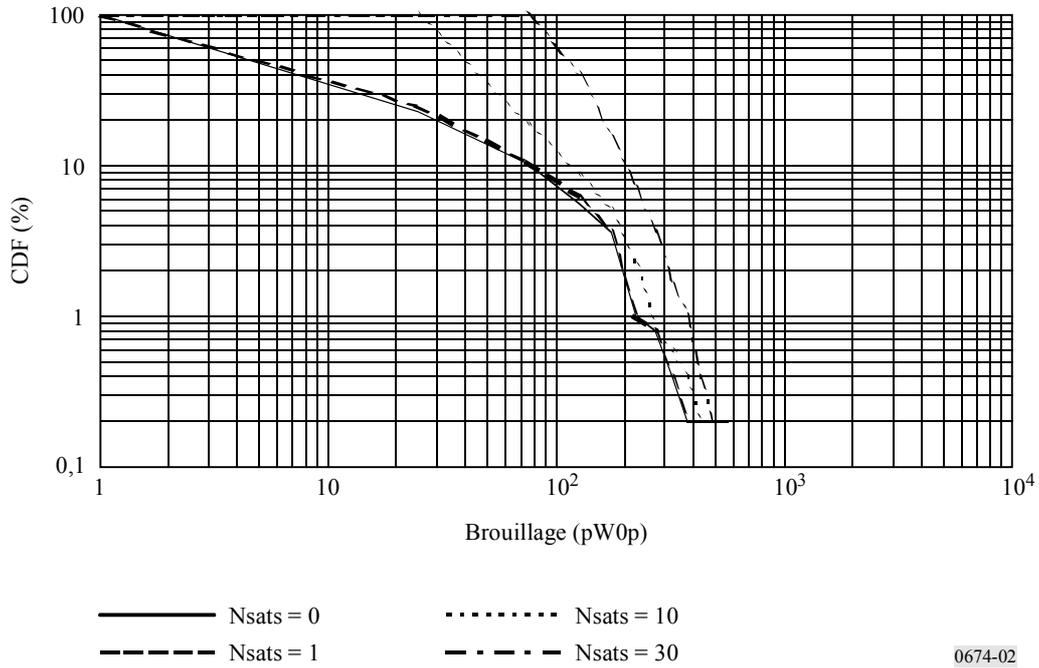
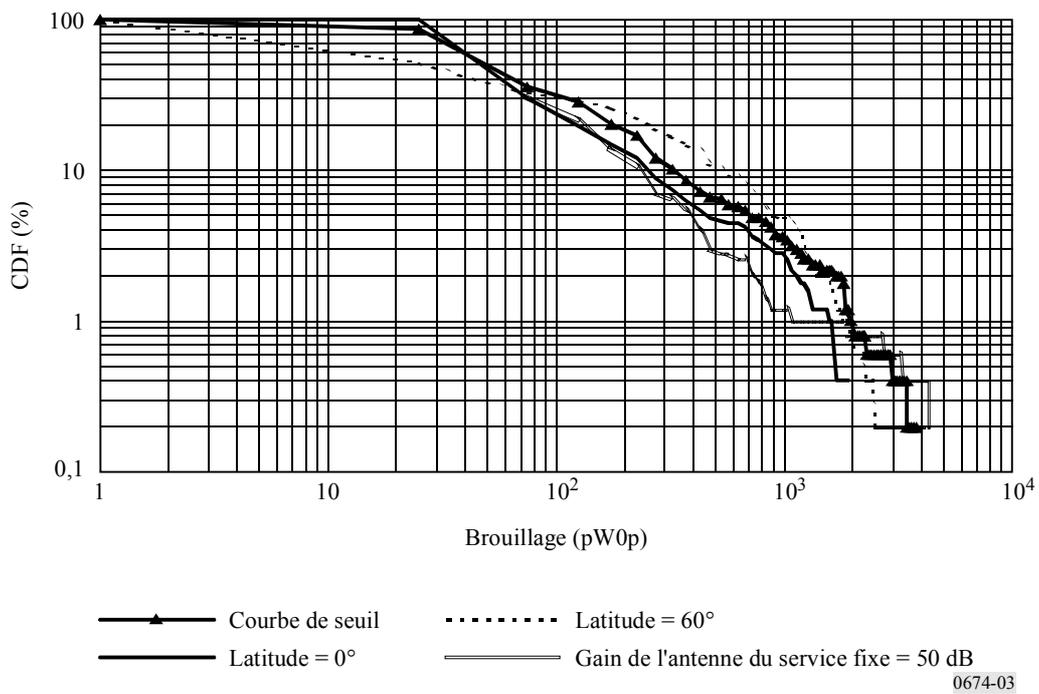


FIGURE 3

Brouillage causé par le SFS numérique au service fixe analogique  
(autres scénarios)



Les Fig. 2 et 3 montrent que dans les deux cas, moins de 10% des réseaux du service fixe subiraient un brouillage dont le niveau dépasserait 1 000 pW0p, même lorsque 30 satellites dans les positions prises pour hypothèse, dépassent chacun le seuil de puissance surfacique de  $\beta = 10$  dB. Il y a toutefois une différence importante entre les deux cas: pour le cas des angles faibles, il est possible d'avoir des niveaux de brouillage nettement plus élevés lorsque le nombre  $N_{sats}$  devient grand en comparaison du cas où  $N_{sats} = 0$ , bien qu'avec une faible probabilité. Ce graphique montre que lorsque la latitude du système du service fixe passe à  $60^\circ$  ou à  $0^\circ$ , le brouillage évolue très peu. Lorsque le gain maximal de l'antenne du service fixe est porté à 50 dB, le brouillage décroît, sauf lorsque la probabilité est faible, dans le cas des interférences élevées pour lesquelles le brouillage augmente.

## APPENDICE 2

### À L'ANNEXE 1

#### Détermination du brouillage causé aux systèmes numériques du service fixe

## 1 Méthodologie

La méthodologie utilisée ici est similaire à celle qui a été employée pour les systèmes analogiques du service fixe, avec toutefois d'importantes différences. Chaque station numérique est analysée indépendamment des autres. Pour l'analyse des brouillages, un ensemble de récepteurs est modélisé de sorte que chaque station se trouve à la même latitude, mais avec une longitude dont la valeur est choisie de manière aléatoire sur une fourchette de  $60^\circ$ , tout comme dans la méthodologie utilisée dans la Recommandation UIT-R F.1107. Chaque antenne du service fixe a un angle d'élévation de  $0^\circ$ , son azimut est simulé par une valeur aléatoire avec une distribution uniforme entre  $0^\circ$  et  $360^\circ$ . Le brouillage est converti en une valeur de dégradation relative de la qualité de fonctionnement pour chacune des stations, comme dans la Recommandation UIT-R F.1108. Une distribution cumulative est alors calculée pour la dégradation relative de la qualité de fonctionnement.

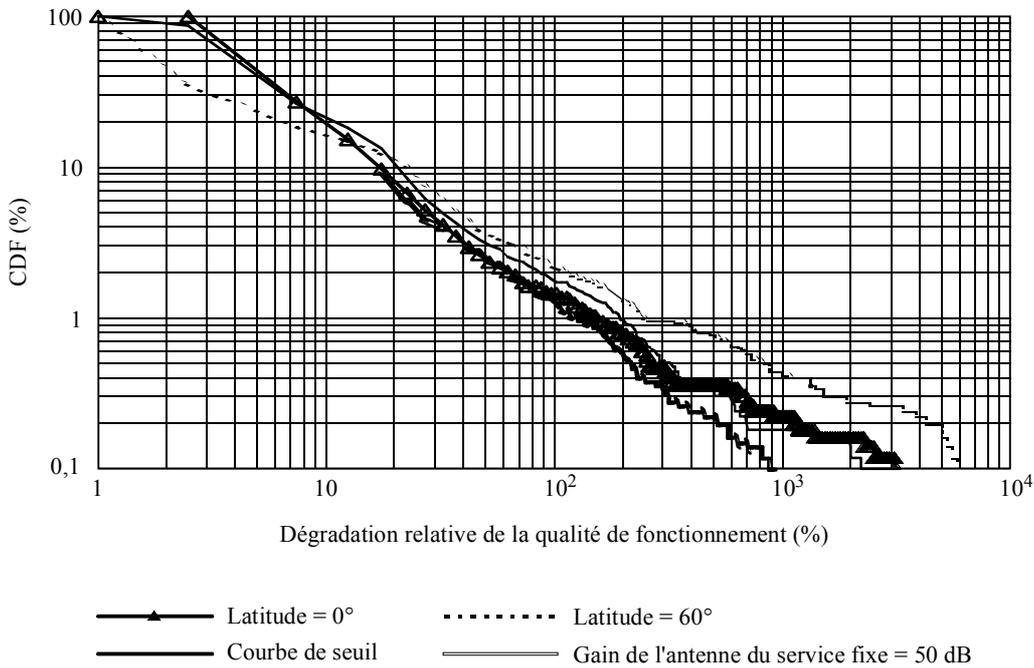
## 2 Résultats

Les Fig. 4, 5 et 6 présentent les résultats d'une analyse de brouillage pour un réseau constitué de satellites OSG du SFS numérique espacés de  $2^\circ$  et venant brouiller un réseau numérique du service fixe. Le tracé de la courbe de seuil pour le système du SFS est effectué pour des valeurs de  $pdf_{bas} = -124$  et de  $pdf_{haut} = -114$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)). Ce système émet à la fréquence de 11,95 GHz. La latitude du système du service fixe est de  $40^\circ$ . Dans cet exemple, chaque antenne sur le site du service fixe est supposée présenter un gain maximum de 44 dB et chaque récepteur du service fixe une température de bruit de 1 100 K. On utilise un affaiblissement d'alimentation de 3 dB et le diagramme de rayonnement des antennes est conforme à la Recommandation UIT-R F.1245. Dans la légende, le terme « $N_{sats}$ » désigne le nombre de satellites dont la puissance surfacique dépasse la courbe de seuil de  $\beta = 10$  dB: c'est-à-dire les satellites dont  $pdf_{bas} + \beta = -114$  et  $pdf_{haut} = -104$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)). Dans la Fig. 4, les satellites dont la puissance surfacique dépasse le seuil étaient les  $N_{sats}$  satellites proches de l'horizon du réseau du service fixe (angles d'élévation les plus faibles). Dans la Fig. 5, les satellites dont la puissance surfacique dépassaient le



FIGURE 6

**Brouillage causé par le SFS numérique au service fixe numérique  
(autres scénarios)**



0674-06

Les Fig. 4 et 5 montrent que dans les deux cas, il y aurait une augmentation négligeable du brouillage lorsqu'un seul satellite dépasserait la courbe de seuil de puissance surfacique de  $\beta = 10$  dB, que environ moins de 10% des stations du service fixe subiraient une dégradation de dégradation relative de fonctionnement supérieure à 10% lorsque 10 satellites dépasseraient cette courbe de seuil, et que toutes les stations subiraient une dégradation de dégradation relative de fonctionnement dépassant 10% lorsque 30 satellites dépasseraient ce seuil. Il y a toutefois une différence importante entre les deux cas. Pour le cas des angles faibles, il est possible d'avoir des niveaux de brouillage nettement plus élevés lorsque  $N_{\text{sats}}$  devient grand en comparaison du cas où  $N_{\text{sats}} = 0$ , bien qu'avec une faible probabilité. Ce graphique montre que lorsque la latitude du système du service fixe passe à 60° ou à 0°, le brouillage n'est modifié que très légèrement, sauf pour 60°, cas où le brouillage augmente pour des valeurs de probabilité faibles. Lorsque le gain maximal d'antenne est porté à 50 dB, le brouillage décroît.