

RECOMMANDATION UIT-R S.1655

Techniques de réduction des brouillages et partage des fréquences dans les bandes 37,5-42,5 GHz et 47,2-50,2 GHz entre les réseaux géostationnaires du service fixe par satellite et les systèmes non géostationnaires du service fixe par satellite

(Question UIT-R 231/4)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les bandes 37,5-42,5 GHz et 47,2-50,2 GHz sont attribuées au SFS;
- b) que l'exploitation de réseaux OSG du SFS et de systèmes non OSG du SFS utilisant des orbites terrestres basses (LEO) ou des orbites terrestres moyennes (MEO) dans ces bandes de fréquences, suscite un intérêt croissant;
- c) que l'on prévoit d'exploiter des systèmes du SFS pour des débits allant de la qualité visioconférence à la transmission ultra-rapide du STM-1 (155 Mbit/s) ou plus jusqu'à 10 STM-4 (6,22 Gbit/s);
- d) que la plupart des systèmes du SFS qu'il est prévu d'exploiter dans ces bandes sont conçus pour utiliser 3 GHz de spectre dans le sens Terre vers espace et 3 GHz ou plus dans le sens espace vers Terre;
- e) que dans certaines parties de la bande 37,5-42,5 GHz, la plupart des systèmes du SFS devraient utiliser des stations terriennes dotées d'antennes à gain élevé et à faisceau étroit pour les liaisons d'utilisateur (de 1 m de diamètre en général) et offrir une disponibilité de liaison de bout en bout d'au moins 99,7%;
- f) que dans certaines parties de la bande 37,5-42,5 GHz, les systèmes du SFS devront peut-être utiliser des stations terriennes dotées d'antennes plus grandes (jusqu'à 3 m de diamètre) pour les applications passerelle/pivot, stations qui devront faire l'objet d'une coordination individuelle et qui seront placées en des points dispersés, et que ces applications exigeront une disponibilité de liaison de bout en bout d'au moins 99,9%;
- g) que certains systèmes à satellites sont conçus pour fonctionner sur une petite partie seulement du champ de visibilité du satellite et qu'en général, ils assurent une couverture inférieure à 5% du champ de visibilité de leurs satellites;
- h) que les dégradations de la propagation sont sévères dans cette gamme de fréquences;
- j) qu'il n'est pas prévu que la plupart des systèmes du SFS conçus pour fonctionner dans les bandes 50/40 GHz utilisent une polarisation double dans le même faisceau et dans la même zone en raison de la sévérité des dégradations de dépolarisation dans des conditions de propagation défavorables; toutefois, il est possible d'utiliser des polarisations doubles pour les systèmes du SFS dans ces bandes pour différents faisceaux géographiquement bien espacés,

recommande

1 d'utiliser une technique de réduction des brouillages afin de faciliter le partage des fréquences entre les réseaux OSG du SFS et les systèmes non OSG du SFS dans les bandes 37,5-42,5 GHz et 47,2-50,2 GHz fonctionnant avec des polarisations opposées. Cette technique de réduction des brouillages est décrite dans les Annexes 1 et 2 de la présente Recommandation (voir les Notes 1 et 2);

2 de considérer comme étant réalisable le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS, dans une partie de ces bandes en utilisant des antennes de satellite à faisceau étroit et à gain élevé, lorsque l'espacement géographique entre les stations terriennes des deux systèmes considérés est suffisant (voir l'Annexe 3);

3 qu'il est possible, en fonction des caractéristiques des systèmes, d'utiliser d'autres techniques de réduction telles que celles décrites dans l'Annexe 3.

NOTE 1 – L'application de la technique de réduction décrite dans les Annexes 1 et 2 et applicable aux systèmes non OSG du SFS utilisant des LEO peut nécessiter un complément d'étude en raison de la variabilité avec le temps des différentes caractéristiques des systèmes du SFS en LEO et en MEO. Pour qu'un système non OSG du SFS partage des fréquences avec un réseau OSG du SFS, étant entendu que chacun utilise la polarisation opposée, tous les autres systèmes non OSG du SFS qui couvrent la même zone géographique seraient obligés d'utiliser le même type et le même sens de polarisation que le premier système ou d'employer une méthode permettant d'éviter le couplage faisceau principal-faisceau principal du brouillage copolaire (par exemple, la diversité de satellite). De plus, comme les systèmes non OSG du SFS sont souvent conçus pour une couverture mondiale et que la limitation à une seule polarisation pour les réseaux OSG du SFS est une contrainte possible, il faudra peut-être procéder à une étude supplémentaire pour s'assurer que l'utilisation de cette technique n'empêche pas une utilisation efficace des bandes 50/40 GHz.

NOTE 2 – En ce qui concerne les systèmes étudiés dans les Annexes 1 et 2, les avantages et les inconvénients des autres techniques de réduction sont examinés dans l'Annexe 3.

Annexe 1

Partage de fréquences entre systèmes non OSG du SFS et réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes 50/40 GHz utilisant des antennes de station terrienne à faisceau étroit et à gain élevé

1 Introduction

Cette Annexe présente les résultats de simulations effectuées visant à étudier la faisabilité du partage de fréquences codirectionnel entre un système non OSG du SFS et un réseau OSG du SFS dans les bandes 47,2-50,2 GHz et 37,5-42,5 GHz. Le système LEO V2 est utilisé dans la présente étude comme exemple d'un système non OSG du SFS. Les caractéristiques du système GSO V1 sont représentatives des réseaux à satellite OSG.

Deux cas de brouillage sont exposés de manière succincte. Pour le premier, on présente les résultats d'une simulation sans recours à une technique de réduction des brouillages lorsque les systèmes fonctionnent avec des polarisations identiques ou opposées. Dans le second cas, on utilise la technique de réduction des brouillages par diversité de satellite afin de réduire les brouillages au niveau des récepteurs du satellite et des stations d'utilisateur.

2 Caractéristiques techniques des systèmes

Les caractéristiques orbitales du système LEO V2 sont données dans le Tableau 1. Les Tableaux 2 et 3 contiennent respectivement les caractéristiques des systèmes de communication des satellites et des stations d'utilisateur des deux systèmes.

TABLEAU 1
Paramètres orbitaux du système LEO V2

Nombre de satellites	15
Nombre de plans orbitaux	3
Nombre de satellites par plan	5
Altitude	10 355 km
Angle d'inclinaison	50°
Période orbitale	6 h
Espacement des plans	120°
Position relative du satellite de plan à plan	24°
Désignation de Walker	15/3/1

TABLEAU 2
Caractéristiques des systèmes de communication des satellites

	LEO V2	GSO V1
Bande de fréquences de réception (GHz)	47,2 à 50,2	
Largeur de bande de réception (GHz)	3	
Gain de l'antenne de réception (dBi)	46,5	53,0
Ouverture de faisceau à 3 dB (degrés)	0,82	0,39
Température de bruit du système de réception	728 K ou 28,6 dBK	
Bande de fréquences d'émission (GHz)	37,5 à 42,5	
Largeur de bande d'émission (GHz)	3	
p.i.r.e. d'émission (dBW)	48,9 à 58,9 Selon le débit de données	57,5 à 66,4 Selon le débit de données et le diamètre de l'antenne d'utilisateur
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	46,5	53,0
Ouverture du faisceau à 3 dB (degrés)	0,82	0,39
Densité de puissance à l'émission appliquée à l'antenne (maximum) (dB(W/Hz))	-81,3	

TABLEAU 3
Caractéristiques des systèmes de communication des stations d'utilisateur

	LEO V2	GSO V1
Bande de fréquences d'émission (GHz)	47,2 à 50,2	
Largeur de bande d'émission (GHz)	3	
p.i.r.e. d'émission (dBW)	54,7 à 78,9 Selon le débit de données et les conditions de propagation	56,6 à 80,0 Selon le débit de données et les conditions de propagation
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	59,7	59,7 (2,2 m) 60,8 (2,5 m)

TABLEAU 3 (*fin*)

	LEO V2	GSO V1
Ouverture du faisceau à 3 dB (degrés)	0,19	0,19 (2,2 m) 0,17 (2,5 m)
Densité de puissance à l'émission appliquée à l'antenne (maximum) (dB(W/Hz))	-89,7 à -75,5 Selon le débit de données et les conditions de propagation	-87,8 à -75 Selon le débit de données et les conditions de propagation
Bande de fréquences de réception (GHz)	37,5 à 42,5	
Largeur de bande de réception (GHz)	3	
Gain de l'antenne de réception (dBi)	57,8	57,8 (2,2 m) 59,0 (2,5 m)
Ouverture du faisceau à 3 dB (degrés)	0,24	0,24 (2,2 m) 0,21 (2,5 m)
Température de bruit de l'antenne de réception	353 K ou 25,48 dBK	

3 Analyse des brouillages

Les calculs relatifs à l'analyse des brouillages ont été effectués pour deux cas distincts suivants:

- couplages de polarisation opposée;
- utilisation de la diversité de satellite comme technique de réduction des brouillages.

En raison de sa nature intermittente, le brouillage par alignement doit être exprimé en termes de tolérance à court terme. Actuellement, il n'existe pas de critères définissant les niveaux de brouillage acceptables entre les réseaux OSG du SFS et les systèmes non OSG du SFS dans les bandes 38/50 GHz. Toutefois, les systèmes LEO V2 et GSO V1 sont conçus pour offrir une disponibilité de liaison minimale de 99,5%. En fait, 10% des 0,5% d'indisponibilité, plus précisément 0,05%, sont attribués par les concepteurs au brouillage à court terme causé par les autres systèmes à satellites, les réseaux OSG du SFS et les systèmes non OSG du SFS, fonctionnant dans ces bandes de fréquences. La moitié de cette dernière valeur (0,025%) est attribuée au brouillage causé par les systèmes à satellites OSG.

Les systèmes LEO V2 et GSO V1 sont conçus pour maintenir une marge de liaison de 3 dB, c'est-à-dire que la valeur du rapport puissance de la porteuse à densité de puissance de bruit, C/N_0 , est maintenue à 3 dB au-dessus de la valeur correspondant à la qualité de la liaison exigée. Par conséquent, le critère de brouillage à appliquer au système LEO V2 et GSO V1 est que le rapport I_0/N_0 ne doit pas dépasser 0 dB pendant plus de 0,025% du temps. Le calcul du brouillage des liaisons montantes et descendantes est fondé sur les hypothèses suivantes:

- les stations terriennes non OSG et OSG du SFS sont situées au même emplacement. La latitude et la longitude des emplacements communs des stations sont de 43,4° N et 70,2° O respectivement;
- le système non OSG du SFS et le réseau OSG du SFS utilisent une commande de puissance adaptative sur les liaisons montantes afin d'obtenir une marge par ciel clair de 3 dB. Il n'y a pas de commande de puissance sur les liaisons descendantes;
- les diagrammes d'antenne d'émission et de réception des stations d'utilisateur sont conformes à la Recommandation UIT-R S.580;

- les diagrammes de transpolarisation de l'antenne d'émission et de réception des stations d'utilisateur sont conformes à la Recommandation UIT-R S.731;
- les diagrammes de rayonnement des antennes d'émission et de réception du satellite sont conformes à la Recommandation UIT-R S.672;
- les diagrammes de polarisation croisée de l'antenne d'émission du satellite sont conformes à l'Appendice 30 (CMR-2000) du Règlement des radiocommunications;
- le rapport E_b/N_0 exigé est de 8,0 dB;
- condition de ciel clair;
- une station terrienne d'émission et de réception équipée d'une antenne de 2,2 m de diamètre.

4 Résultats de la simulation

Une simulation portant sur 15 satellites non OSG et un satellite OSG situés à 82,44° O a été effectuée sur une période de 24 h, avec une résolution temporelle d'une seconde.

4.1 Cas 1: polarisation opposée

- Les satellites LEO V2 et GSO V1 fonctionnent avec des polarisations opposées.

Les Fig. 1 et 2 donnent un aperçu des résultats obtenus en termes de pourcentage de temps pendant lequel le rapport I_0/N_0 au niveau des récepteurs non OSG et OSG est dépassé lorsque les deux systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées. Les niveaux des brouillages dépassés pendant 0,025% du temps sur la station d'utilisateur OSG et les récepteurs de satellite non OSG sont respectivement $I_0/N_0 = -9$ dB et $I_0/N_0 = -17$ dB.

FIGURE 1

Pourcentage de temps pendant lequel la valeur du rapport I_0/N_0 au niveau du récepteur de la station terrienne OSG est dépassée

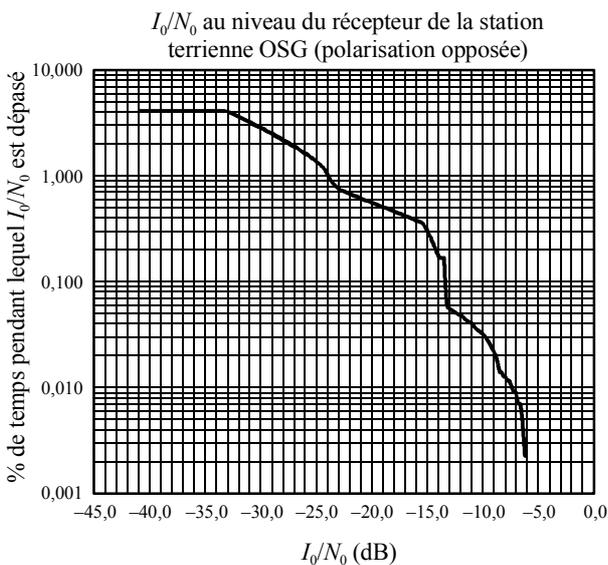
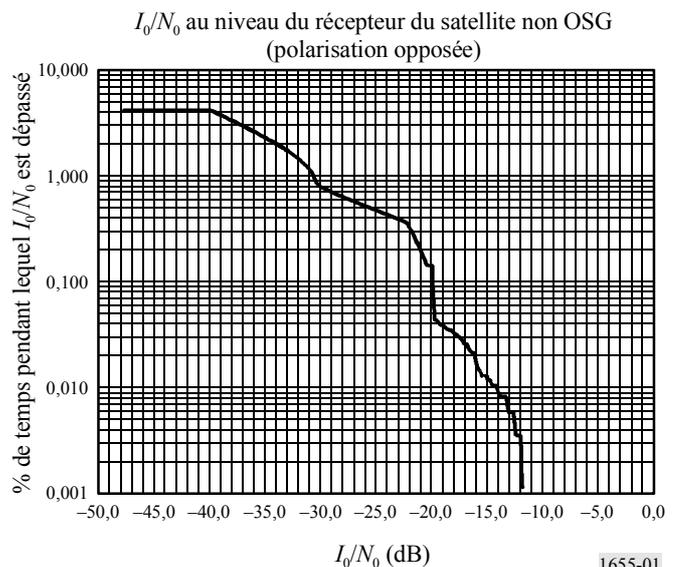


FIGURE 2

Pourcentage de temps pendant lequel la valeur du rapport I_0/N_0 au niveau du récepteur du satellite non OSG est dépassée



4.2 Cas 2: diversité de satellite

La diversité de satellite peut être utilisée en vue de réduire l'intensité des brouillages au niveau des récepteurs des satellites et des stations d'utilisateur. Dans ce cas, on suppose que les systèmes fonctionnent avec la même polarisation.

Il est intéressant d'étudier la possibilité d'utiliser la diversité de satellite afin de réduire l'intensité des brouillages au niveau des récepteurs des satellites et des stations terriennes non OSG et OSG. Avec cette technique, pour éviter le brouillage par alignement, l'utilisateur du système non OSG transfère le trafic vers un autre satellite visible lorsque l'espacement angulaire entre un satellite non OSG et un satellite OSG de la station terrienne est inférieur à X° .

Dans la présente étude, le système à satellites OSG est supposé avoir une couverture double assurée par au moins deux satellites situés sur deux positions orbitales différentes. En général, il n'est pas courant avec les systèmes à satellites OSG d'avoir une couverture double assurée par au moins deux satellites situés sur deux positions orbitales différentes. En revanche, avec les systèmes non OSG du SFS utilisant des orbites circulaires, la couverture double par au moins deux satellites situés sur deux positions orbitales différentes est plus courante. On suppose aussi que les deux systèmes fonctionnent avec la même polarisation et que l'utilisateur d'un système peut communiquer avec l'un quelconque des satellites visibles du système.

Les Fig. 3 et 4 montrent l'intensité des brouillages au niveau des récepteurs de la station terrienne OSG et du satellite non OSG lorsque l'on utilise la technique de diversité de satellite. Dans la présente étude, lorsque l'espacement angulaire, X , entre un satellite non OSG et un satellite OSG vu depuis une station terrienne est inférieur à $0,5^\circ$, l'utilisateur du système OSG du SFS commute son trafic sur un autre satellite. L'intensité des brouillages au niveau des récepteurs des stations d'utilisateur et des satellites non OSG et OSG du SFS est inférieure aux critères de brouillage.

Un échantillon des résultats est donné dans les Fig. 3 et 4.

FIGURE 3

Pourcentage de temps pendant lequel la valeur du rapport I_θ/N_0 au niveau du récepteur de la station terrienne OSG est dépassée ($X = 0,5^\circ$)

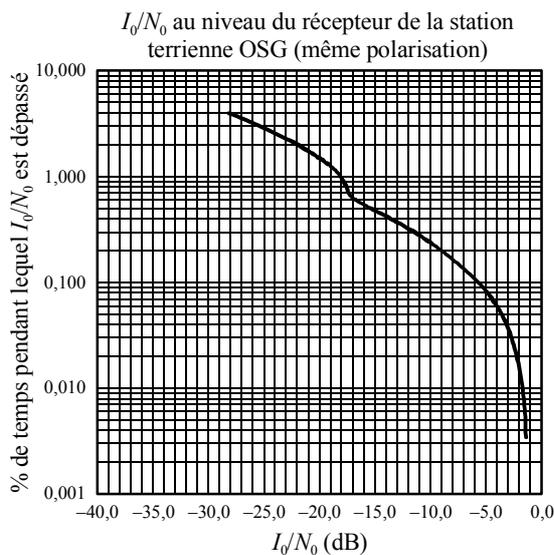
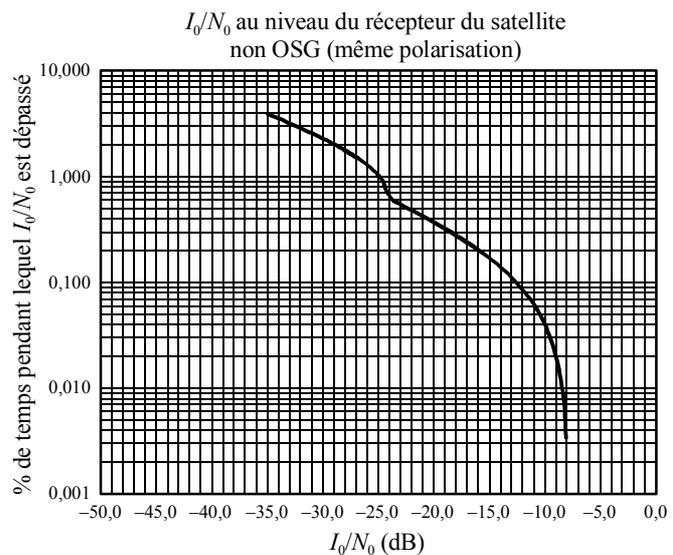


FIGURE 4

Pourcentage de temps pendant lequel la valeur du rapport I_θ/N_0 au niveau du récepteur du satellite non OSG est dépassée ($X = 0,5^\circ$)



X : espacement angulaire minimal entre le satellite non OSG et le satellite OSG vu depuis une station terrienne.

5 Conclusion

Un récapitulatif des résultats de la simulation est donné dans le Tableau suivant:

	I_0/N_0 (dépassé pendant 0,025% du temps)		I_0/N_0 (dépassé pendant 0,025% du temps)
	Polarisation identique: pas de technique de réduction (dB)	Polarisation opposée (dB)	Même polarisation: utilisation de la technique de réduction par diversité de satellite (à 0,5°) (dB)
Récepteur de la station d'utilisateur non OSG	11	-13	-6
Récepteur du satellite non OSG	6	-17	-9
Récepteur de la station d'utilisateur OSG	15	-9	-2,5
Récepteur du satellite OSG	0	-24	-16

Sur la base des résultats des études, il est possible de dresser les conclusions suivantes:

- le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes 47,2-50,2 GHz et 37,5-42,5 GHz peut ne pas être réalisable; il exige l'utilisation de techniques de réduction des brouillages complexes à la fois pour les réseaux OSG et les systèmes non OSG du SFS, si les deux systèmes fonctionnent avec une même polarisation. Toutefois, lorsque les systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées, le partage de fréquences peut être possible;
- si l'on utilise la technique de réduction des brouillages par diversité de satellite, le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS est réalisable même s'ils fonctionnent avec des polarisations identiques.

Le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes 47,2-50,2 GHz et 37,5-42,5 GHz est réalisable lorsque les systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées ou utilisent la diversité de satellite avec un angle de commutation de diversité, X , au niveau de la station terrienne de 0,5° ou plus.

Annexe 2

Partage de fréquences entre systèmes non OSG du SFS et réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes 50/40 GHz avec utilisation de stations terriennes équipées de petites antennes

1 Introduction

Dans cette Annexe on présente les résultats d'une simulation visant à établir la faisabilité du partage de fréquences codirectionnelles entre des systèmes non OSG et des réseaux OSG du SFS fonctionnant avec des stations terriennes équipées de petites antennes.

Les études ont montré que sans le recours aux techniques de réduction des brouillages, telles que la diversité de satellite, l'isolement géographique, etc., le partage de fréquences entre systèmes non OSG et réseaux OSG du SFS n'est pas réalisable lorsque ces systèmes utilisent la même polarisation.

Dans cette Annexe, on présente les résultats de simulation uniquement lorsque les systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées.

2 Caractéristiques techniques des systèmes

Les caractéristiques orbitales d'un système non OSG du SFS sont celles données dans le Tableau 1. Les caractéristiques des satellites de communication et des stations d'utilisateur pour le système non OSG du SFS (LEO V2) et d'un réseau OSG du SFS (GSO V1) sont données respectivement dans les Tableaux 4 et 5.

TABLEAU 4

Caractéristiques du système de communication par satellite

Caractéristiques	Non OSG (LEO V2)	OSG (GSO V1)
Bande de fréquences de réception (GHz)	47,2 à 50,2	
Gain de l'antenne de réception (dBi)	46,5	53,0
Température de bruit du système de réception (K)	728	
Bande de fréquences d'émission (GHz)	37,5 à 42,5	
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	46,5	53,0
Densité de puissance d'émission appliquée à l'antenne (maximum) (dB(W/Hz))	-71	-73

TABLEAU 5

Caractéristiques des stations d'utilisateur

Caractéristiques	Non OSG (LEO V2)	OSG (GSO V1)
Fréquence d'émission (GHz)	47,5-50,2	
Fréquence de réception (GHz)	37,5-42,5	
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	47	
Diamètre de l'antenne (m)	0,5	
E_b/N_0 à respecter sur la liaison montante (dB)	10	
Autres affaiblissements (atm, scin, pointage) (dB)	3,4	
Marge de contrôle de puissance sur la liaison montante (dB)	3	
Gain de l'antenne de réception (dBi)	45	
Diamètre de l'antenne (m)	0,5	
Température de bruit de l'antenne de réception (K)	800	
Dégradation due aux brouillages (dB)	1,5	

3 Analyse des brouillages

Pour le calcul des brouillages sur les liaisons montantes et descendantes, on a utilisé les hypothèses suivantes:

- les stations terriennes non OSG et OSG du SFS sont situées au même emplacement. La latitude et la longitude des emplacements communs des stations sont de 43,4° N et 70,2° O, respectivement;
- le système non OSG du SFS et le réseau OSG du SFS utilisent tous deux la commande de puissance adaptative pour obtenir une marge de 3 dB par ciel clair;
- les diagrammes d'antennes d'émission et de réception de la station d'utilisateur sont conformes à la Recommandation UIT-R S.580;
- les diagrammes de polarisation croisée des antennes d'émission et de réception de la station d'utilisateur sont conformes à la Recommandation UIT-R S.731;
- les diagrammes de rayonnement des antennes d'émission et de réception du satellite sont conformes à la Recommandation UIT-R S.672;
- le rapport E_b/N_0 exigé est de 10,0 dB;
- condition de ciel clair;
- la station d'émission et de réception est équipée d'une antenne de 0,5 m.

4 Résultats de la simulation

La simulation portant sur 15 satellites non OSG et un satellite OSG positionnés à 82,44° O a été effectuée sur une période de 24 h avec une résolution temporelle de 1 s.

Les Fig. 5, 6, 7 et 8 montrent les résultats obtenus en termes de pourcentage de temps pendant lequel le rapport I_0/N_0 au niveau des récepteurs des satellites et des stations terriennes est dépassé lorsque les deux systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées. On a utilisé pour cette simulation des antennes de station terrienne de 0,5 m de diamètre. Dans le cas le plus défavorable, le rapport I_0/N_0 , au niveau du récepteur du satellite non OSG est de -8 dB comme le montre la Fig. 7. Toutefois, la dégradation due aux brouillages par alignement dans le cas le plus défavorable n'est que de 0,64 dB.

Sur la base des résultats de la simulation illustrée par les Fig. 5, 6, 7 et 8, le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS utilisant de petites antennes de station terrienne est réalisable lorsqu'ils fonctionnent avec des polarisations opposées.

Il convient de noter que le découplage de polarisation peut être altéré par la pluie pendant un faible pourcentage de temps. Toutefois, la probabilité de brouillage par alignement entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS ($P(\text{«alignement»})$) est très faible comme le montrent les calculs ci-dessous:

$$P(\text{«alignement» et pluie}) = P(\text{«alignement»}) P(\text{pluie mesurable}) = (0,1\%) (5\%) = 0,005\%,$$

où:

$P(\text{«pluie»})$ est la proportion de temps pendant laquelle en général il pleut dans des climats tempérés.

FIGURE 5

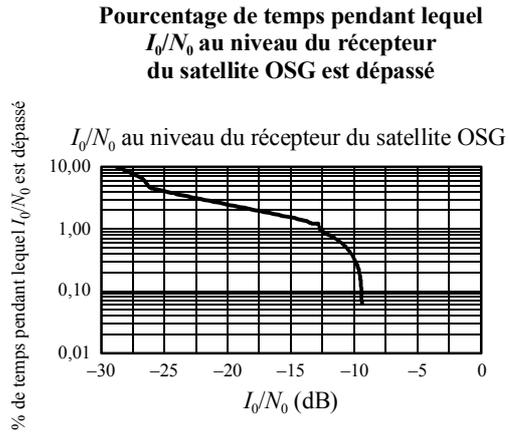


FIGURE 6

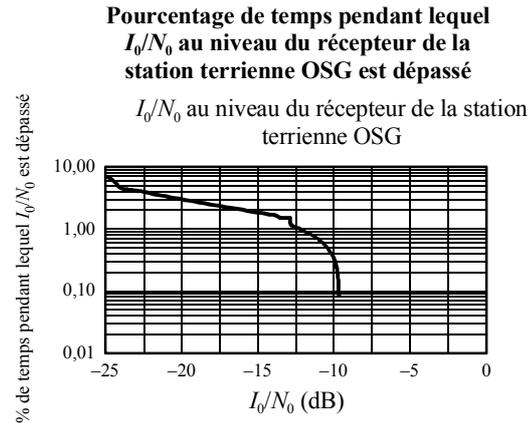


FIGURE 7

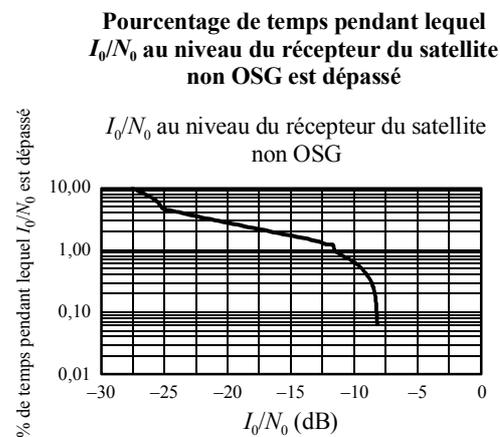
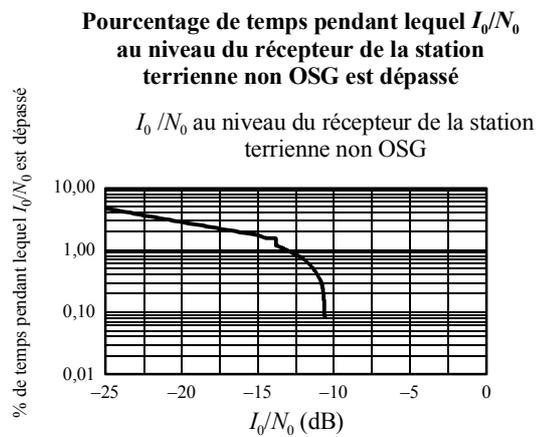


FIGURE 8



1655-05

5 Conclusion

Le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes de fréquences 47,2-50,2 GHz et 37,5-42,5 GHz est réalisable même avec des antennes de station terrienne de petite dimension à condition d'utiliser des polarisations opposées.

Annexe 3

Autres techniques de réduction

1 Introduction

Des études ont montré que le partage de fréquences entre des systèmes non OSG du SFS et des réseaux OSG du SFS est réalisable si les systèmes fonctionnent avec des polarisations opposées ou si l'on utilise la diversité de satellite lorsque l'espacement angulaire entre un satellite non OSG et un satellite OSG vu depuis une station terrienne est inférieur à X° . D'autres techniques de réduction des brouillages, telles que l'isolement géographique entre stations terriennes, ont été étudiées. La segmentation des bandes de fréquences n'est pas considérée comme étant une technique de réduction des brouillages; toutefois, ce sujet sera abordé dans la présente Annexe.

2 Rappel

Il y avait en octobre 2001, un très grand nombre de réseaux OSG du SFS et de systèmes non OSG du SFS en projet qu'il était prévu d'exploiter dans les bandes 37,5-42,5 GHz et 47,2-50,2 GHz. Les débits de données qui seraient offerts par ces systèmes vont de la qualité visioconférence à la transmission ultra-rapide du STM-1 (155 Mbit/s) ou plus jusqu'à un débit correspondant à 10 STM-4 (6,22 Gbit/s). De nombreux systèmes en projet dans ces bandes exigent 3 GHz de spectre ou plus pour leurs liaisons descendantes et 3 GHz pour leurs liaisons montantes.

De plus, les bandes 37,5-40,0 GHz et 42,0-42,5 GHz ont été identifiées pour être utilisées par les systèmes du SFS dans des applications à faible densité du SFS, telles les applications passerelle/pivot. Par conséquent, les systèmes du SFS fonctionnant dans ces bandes pourront devoir fonctionner avec des antennes de diamètre supérieur à 2 m et chaque système pourra être exploité avec un faible nombre de passerelles/stations pivot.

La bande 37,5-42,5 GHz ou une portion de cette bande peut être utilisée pour les applications à forte densité dans le SFS, telles celles qui fonctionnent avec des stations terriennes équipées de petites antennes. Pour la plupart des systèmes non OSG du SFS ou des réseaux OSG du SFS en projet, il est envisagé d'utiliser des réseaux à satellite multifaisceaux assurant les services avec un schéma de réutilisation de fréquences multifaisceaux. Chaque faisceau devra disposer d'une largeur de bande d'au moins 500 MHz. Afin d'obtenir le rapport $C/(N + I)$ requis, un schéma de réutilisation de fréquences de 4 fois ou plus sera nécessaire. Par conséquent, ces systèmes devront au moins disposer de 2 GHz de spectre pour leurs liaisons d'utilisateur dans chaque sens.

3 Avantages et inconvénients de chaque technique de réduction des brouillages

3.1 Polarisation opposée

Etant donné que les dégradations de la propagation sont sévères dans les bandes 50/40 GHz, il est prévu d'utiliser pour la plupart des systèmes une polarisation unique par faisceau à l'intérieur de la zone de couverture. Les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'une polarisation unique sont les suivants:

Avantages

- Pas besoin de coordination préalable entre les systèmes non OSG du SFS et les réseaux OSG du SFS.
- Mise en oeuvre à faible coût.
- Rapport poids/puissance réduit et coût du satellite abaissé.
- Complexité de la station terrienne faible.
- La répartition des contraintes de mise en oeuvre (coût, complexité) est équilibrée entre les systèmes non OSG du SFS et les réseaux OSG du SFS.

Inconvénients

- Chaque système utilise une seule polarisation.
- Si la demande en réseaux OSG du SFS et en systèmes non OSG du SFS n'est pas équilibrée, le spectre peut ne pas être utilisé avec une efficacité maximale.

3.2 Diversité de satellite et évitement d'arc

L'utilisation de la diversité de satellite ou de l'évitement d'arc est considérée comme étant une technique de réduction des brouillages qui permet d'éviter le brouillage faisceau principal-faisceau principal grâce à la commutation du trafic sur un autre satellite. Les avantages et les inconvénients de cette technique sont les suivants:

Avantages

- Chaque système peut utiliser une polarisation double.

Inconvénients

- La diversité de satellite n'est pas bien adaptée aux systèmes à satellites OSG; elle impose des contraintes techniques et économiques aux réseaux OSG du SFS et réduit l'efficacité d'utilisation orbite/spectre.
- La diversité de satellite augmente la complexité et le coût des antennes des stations terriennes.
- Les systèmes non OSG du SFS doivent effectuer une commutation vers un autre satellite non OSG visible afin d'éviter le brouillage par alignement, ce qui impose des contraintes aux systèmes non OSG du SFS.
- Nécessite une couverture double.

3.3 Isolement géographique des stations terriennes

Il a été confirmé par des études que l'isolement géographique des stations terriennes était une méthode efficace de réduction des brouillages. Les avantages et les inconvénients de cette technique sont les suivants:

Avantages

- Chaque système peut utiliser la polarisation double.
- Dans le cas d'applications passerelle/pivot, chaque système peut avoir un faible nombre de stations passerelles. Cette méthode convient aux applications passerelles.
- Les passerelles non OSG du SFS et OSG du SFS peuvent utiliser des polarisations doubles pour différents faisceaux, si l'espacement géographique entre les stations passerelles est de l'ordre de 200 km.

Inconvénients

- Il faut prévoir un espacement géographique minimal entre deux stations terriennes.
- Cette méthode peut ne pas être acceptable pour les applications haute densité du SFS.

4 Conclusion

Sur la base des études, on constate que les techniques de réduction des brouillages telles que la diversité de satellite ou l'évitement d'arc augmenteront la complexité et le coût des systèmes. D'autres techniques de réduction des brouillages, telles que l'utilisation de polarisations opposées et/ou de l'isolement géographique pour les applications passerelles permettent de réduire la complexité et le coût des systèmes. Toutefois, si la demande en matière de réseaux OSG du SFS et de systèmes non OSG du SFS n'est pas équilibrée, il se peut que le spectre ne soit pas utilisé avec un maximum d'efficacité.
