

## RECOMMANDATION UIT-R S.1326

**FAISABILITÉ DU PARTAGE ENTRE LE SERVICE INTERSATELLITES ET LE SERVICE  
FIXE PAR SATELLITE DANS LA BANDE DE FRÉQUENCES 50,4-51,4 GHz**

(Question UIT-R 246/4)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que, par la Résolution 643 de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995) (CMR-95), l'UIT-R est chargée d'effectuer les études nécessaires pour identifier les bandes les plus appropriées, entre 50 et 70 GHz, pour le service intersatellites (SIS) afin de permettre à la CMR-97 de faire les attributions appropriées à ce service;
- b) que la bande de fréquences 50,4-51,4 GHz est actuellement attribuée à titre primaire, avec égalité des droits, au service fixe par satellite (SFS) (Terre-espace), au service fixe et au service mobile;
- c) que pour toute nouvelle attribution qui pourrait être faite au SIS dans cette bande, il faudrait tenir compte de la faisabilité du partage par ce service avec le SFS;
- d) que des études ont été consacrées à la faisabilité du partage entre des réseaux à satellites fixes géostationnaires (OSG) exploités dans le sens Terre-espace et des liaisons intersatellites (LIS) de réseaux à satellites OSG ou non OSG (voir l'Annexe 1),

*recommande*

**1** de rendre possible l'utilisation en partage de la bande 50,4-51,4 GHz par le SFS OSG (Terre-espace) et par le SIS employant des liaisons entre des satellites OSG grâce à l'utilisation de certaines techniques visant à réduire les brouillages (voir l'Annexe 1).

NOTE 1 – L'utilisation en partage risque de présenter des difficultés entre ces liaisons Terre-espace du SFS et les LIS de réseaux à satellites non OSG.

NOTE 2 – Un complément d'étude est nécessaire sur la faisabilité du partage entre les liaisons de connexion des réseaux SFS ou du service mobile par satellite (SMS) non OSG et le SIS, mais que là encore l'utilisation en partage risque de présenter des difficultés.

## ANNEXE 1

La présente Annexe est consacrée à une analyse du risque de brouillage entre les réseaux du SFS OSG et les liaisons du SIS OSG, d'une part, et, d'autre part, entre les réseaux du SFS OSG et les liaisons du SIS non OSG, selon la subdivision suivante:

*Cas 1* – Emetteurs de satellites (Tx) du SIS OSG brouillant des récepteurs (Rx) de satellites du SFS OSG.

*Cas 2* – Stations terriennes (Tx) du SFS OSG brouillant des satellites (Rx) du SIS OSG.

*Cas 3* – Satellites (Tx) du SIS non OSG brouillant des satellites (Rx) du SFS OSG.

*Cas 4* – Stations terriennes (Tx) du SFS OSG brouillant des satellites (Rx) du SIS non OSG.

Pour chaque cas, on a calculé la valeur maximale admissible de la densité spectrale de puissance (DSP) de brouillage, en se fondant soit sur une augmentation (%) de la température de bruit du système équivalente, soit sur le niveau de réception de la porteuse utile et de la valeur du rapport porteuse utile/bruit à laquelle on a ajouté une nécessaire marge de brouillage. On a ensuite estimé, à l'aide de considérations géométriques, la DSP de brouillage maximale susceptible d'être reçue, ce qui a permis d'évaluer la marge minimale de la puissance de brouillage reçue par rapport à la puissance de brouillage admissible.

Au moment où la présente Recommandation était rédigée, aucun système du SFS n'avait été notifié au Bureau des radiocommunications dans la bande des 50 GHz; pour étudier les possibilités d'utilisation en partage entre le SFS et le SIS, il a été nécessaire d'adapter en fréquence les paramètres de systèmes SFS notifiés dans d'autres bandes, par exemple à 30 GHz. Le passage de 30 à 50 GHz est possible, mais à condition de tenir compte de l'augmentation de l'affaiblissement dû aux gaz atmosphériques dans la bande des 50 GHz; toutefois, pour réduire au minimum le poids des hypothèses utilisées aux fins d'adaptation des paramètres, on a considéré qu'il était plus simple d'adapter les paramètres des liaisons du SIS de 60 à 30 GHz étant donné que leur exploitation est dans une grande mesure exempte de tout effet d'affaiblissement atmosphérique. Ce faisant, on a noté que le SFS utilisera à 50 GHz des p.i.r.e. d'une valeur plus élevée pour compenser l'accroissement de cet affaiblissement et on a supposé qu'à 50 GHz les stations terriennes du SFS utiliseront la régulation de puissance pour éviter de causer au SIS des brouillages excessifs dans des conditions de transmission «en atmosphère claire».

Les paramètres qui ont été utilisés dans le cadre de l'étude sont présentés aux Tableaux 1 et 2.

## 1 Résultats de l'analyse

Dans le cadre de l'analyse, on a pris en considération quatre cas géométriques de risque de brouillage et pour chacun, on a estimé la marge minimale de brouillage susceptible d'être causé par rapport au brouillage admissible.

### Cas 1 – Emetteurs de satellites (Tx) du SIS OSG brouillant des récepteurs (Rx) de satellites du SFS OSG

Ce cas considère trois scénarios de brouillage pouvant être causé par les LIS OSG à des satellites du SFS OSG; ces scénarios sont présentés ci-dessous, les paramètres géométriques correspondant à chaque cas étant indiqués à la Fig. 1.

*En ce qui concerne les scénarios examinés dans le cas 1, on a constaté que la marge était positive ce qui indique que les brouillages que pourrait causer le SIS OSG à des satellites du SFS seraient acceptables.*

Les paramètres que l'on a utilisés lors de l'analyse correspondant au cas 1 sont ceux du réseau 1 du SFS du Tableau 1 et du réseau du SIS OSG du Tableau 2. On a supposé que le satellite du SFS recevait une porteuse «utile» émise par une station terrienne caractérisée par un angle d'élévation minimum de  $10^\circ$  et que le récepteur du SFS était brouillé par une liaison du SIS OSG; on a également supposé que l'angle géocentrique entre un satellite du SFS et un satellite du SIS était égal à  $0,1^\circ$ .

En ce qui concerne le brouillage causé au réseau 1 du SFS OSG, on a calculé que la DSP minimale de la porteuse reçue était de  $-183,98$  dB(W/Hz) pour une station terrienne émettant par rapport à un satellite OSG selon un angle d'élévation minimum de  $10^\circ$ . Le rapport exigé porteuse/bruit pour le réseau du SFS est égal à 5,8 dB et la marge de propagation à 2,5 dB. Si, par hypothèse, la valeur limite du brouillage dû à une seule source est égale à 6% du bruit thermique, la DSP de brouillage maximale admissible est donc, selon les calculs, inférieure de 20,52 dB à la DSP minimale de la porteuse reçue, ce qui donne une DSP de brouillage maximale admissible pour le réseau du SFS OSG de  $-204,5$  dB(W/Hz).

*Scénario 1a: Satellite Rx du SFS à proximité du satellite Tx du SIS OSG, distance «minimale»*

Dans le scénario 1a, l'angle géocentrique entre le satellite Rx du SFS OSG et le satellite Tx d'une LIS OSG est considéré comme étant égal à  $0,1^\circ$ , pour un angle de séparation entre les satellites du SIS OSG égal à  $1^\circ$ . Cette configuration constitue la distance minimale de brouillage entre le satellite du SIS et le satellite du SFS. Le brouillage causé par l'antenne du SIS provient de son lobe principal et l'antenne du satellite du SFS le reçoit dans son lobe arrière.

On a calculé que la DSP de brouillage maximale reçue était égale à  $-211,03$  dB(W/Hz), ce qui donne pour le scénario 1a une marge de 6,53 dB.

*Scénario 1b: Satellite Rx du SFS à proximité du satellite Rx du SIS OSG, distance «minimale»*

Dans le scénario 1b, l'angle géocentrique entre le satellite Rx du SFS OSG et le satellite Tx d'une LIS OSG est considéré comme étant égal à  $0,9^\circ$ , l'angle de séparation entre les satellites du SIS OSG étant lui égal à  $1^\circ$ . Ce scénario est analogue au scénario 1a, mais se caractérise par un angle de discrimination décalé réduit à l'antenne du satellite du SFS. Dans le scénario 1b la marge était de 5,94 dB.

*Scénario 1c: Satellite Rx du SFS à proximité du satellite Rx du SIS OSG, distance «maximale»*

L'angle géocentrique entre le satellite Rx du SFS OSG et le satellite Tx d'une LIS OSG est considéré comme étant égal à  $159,9^\circ$ , l'angle de séparation entre les satellites du SIS OSG étant lui de  $160^\circ$ . Ce scénario représente la distance maximale de brouillage entre le satellite du SIS et le satellite du SFS. Le brouillage est causé par le lobe principal de l'antenne de la LIS et est reçu par l'antenne du SFS dans son lobe principal. Dans le scénario 1c la marge était égale à 10,21 dB.

## Cas 2 – Stations terriennes (Tx) du SFS OSG brouillant des satellites (Rx) du SIS OSG

Le cas 2 prend en considération deux scénarios de brouillage causé par des stations terriennes du SFS OSG à des LIS OSG. Ces deux scénarios sont présentés ci-dessous, les paramètres géométriques correspondant à l'un et à l'autre étant indiqués à la Fig. 2.

*En ce qui concerne les scénarios du cas 2, on a constaté que la marge était positive dans toutes les situations, sauf extrêmes, de brouillage causé à de très longues LIS, ce qui indique que le brouillage causé par le SFS à des LIS OSG serait acceptable.*

Les paramètres utilisés aux fins de l'analyse sont ceux du réseau 2 du SFS du Tableau 1 et du réseau SIS OSG du Tableau 2. Pour les deux scénarios du cas 2, l'angle géocentrique entre les satellites SIS OSG est égal à 160°.

On a calculé la DSP de brouillage maximale admissible en utilisant la formule:

$$k T B$$

où:

$k$ : constante de Boltzmann égale à  $-228,6$  dB(J/K)

$T$ : température de bruit du système égale à 6% de celle du système notifié de 630 K

$B$ : largeur de bande de référence égale à 1 Hz.

On a calculé que la DSP de brouillage maximale admissible était égale à  $-212,83$  dB(W/Hz).

*Scénario 2a: Station terrienne Tx du SFS fonctionnant sous un angle d'élévation de 90° par rapport à un satellite du SFS situé à proximité du satellite Rx du SIS OSG (représente une distance minimale)*

En ce qui concerne ce scénario, on a situé à l'équateur la station terrienne du SFS, décrivant par rapport à un satellite du SFS un angle d'élévation de 90°; l'angle géocentrique entre le satellite du SFS OSG et le satellite Rx du SIS OSG a été fixé à 0,1°: cette situation représente la distance minimale de séparation entre la station terrienne et la LIS.

On a calculé que la DSP brouilleuse maximale reçue était de  $-221,83$  dB(W/Hz), ce qui donne une marge pour le scénario 2a de 9,0 dB.

*Scénario 2b: Station terrienne Tx du SFS fonctionnant sous un angle d'élévation de 10° par rapport à un satellite du SFS situé à proximité du satellite Rx du SIS OSG (représente une distance maximale)*

On a supposé que la station terrienne émettait selon un angle d'élévation de 10° par rapport au satellite du SFS, l'angle géocentrique entre le satellite du SFS OSG et le Rx de la LIS OSG étant quant à lui fixé à 0,1°. Cette configuration permet d'obtenir la valeur minimale de la discrimination d'antenne opérée par une station terrienne du SFS dans le cas de brouillage émis, la discrimination minimale intervenant à l'antenne de la LIS OSG en cas de brouillage reçu.

Dans le scénario 2b la marge était négative et égale à  $-13,82$  dB; on a par ailleurs constaté que, pour la rendre positive, l'angle géocentrique maximum entre les LIS ne doit pas excéder 152°, ou bien que l'angle géocentrique entre le satellite du SFS OSG et la liaison Rx du SIS OSG doit être au minimum de 0,2°.

## Cas 3 – Satellites (Tx) du SIS non OSG brouillant des satellites (Rx) du SFS OSG

Le cas 3 prend en considération deux scénarios de brouillage causé par des satellites Tx du SIS non OSG à des satellites Rx du SFS OSG; ces deux scénarios sont présentés ci-dessous, les données géométriques correspondant à chacun étant présentées à la Fig. 3. Les paramètres utilisés aux fins de l'analyse sont ceux du réseau 1 du SFS du Tableau 1 et du réseau du SIS non OSG du Tableau 2.

Pour obtenir un angle de décalage minimum au niveau de la LIS non OSG brouillant un satellite Rx du SFS OSG, on a supposé que la LIS se situe entre deux satellites non OSG adjacents communiquant l'un avec l'autre dans le même plan orbital. On a vu précédemment que la valeur maximale admissible de la DSP de brouillage causé à des satellites du SFS OSG était égale, pour le réseau 1 du SFS OSG (cas 1), à  $-204,5$  dB(W/Hz).

*En ce qui concerne les scénarios examinés dans le cadre du cas 3, on a constaté que la marge était positive, ce qui indique que les brouillages causés par le SIS non OSG à des satellites du SFS OSG seraient acceptables.*

*Scénario 3a: Satellite Tx du SIS non OSG brouillant un satellite Rx du SFS OSG à une distance de séparation minimale. Le brouillage provient du lobe arrière de l'antenne du satellite Tx du SIS et est reçu par le lobe principal de l'antenne du satellite Rx du SFS*

Ce scénario considère une station terrienne émettant en direction d'un satellite du SFS selon un angle d'élévation de 90°, le satellite du SIS non OSG étant situé directement au-dessus de la station terrienne. Cette situation représente la distance de brouillage minimale entre les réseaux. Dans le scénario 3a la marge était égale à 53,29 dB.

*Scénario 3b: Lobe principal de l'antenne du satellite Tx d'une liaison du SIS non OSG brouillant un satellite Rx du SFS OSG*

Ce scénario considère le brouillage causé par une LIS non OSG, par l'intermédiaire de son lobe principal, à un satellite du SFS OSG émettant en direction d'une station terrienne suivant un angle d'élévation de 10°. Le brouillage causé au satellite du SFS est reçu par la région du «premier» lobe latéral de l'antenne. Ce scénario représente la valeur maximale de la puissance de brouillage reçue par le satellite du SFS. Dans le scénario 3b, la marge était égale à 19,89 dB.

#### **Cas 4 – Stations terriennes (Tx) du SFS OSG brouillant des satellites (Rx) du SIS non OSG**

Le cas 4 considère deux scénarios de brouillage causé par une station terrienne Tx du SFS OSG à une LIS non OSG; ces deux scénarios sont présentés ci-dessous, les données géométriques correspondant à l'un et à l'autre étant présentées à la Fig. 4. Les paramètres utilisés aux fins de l'analyse sont ceux du réseau 2 du SFS du Tableau 1 et du réseau du SIS non OSG du Tableau 2. Ce faisant, pour obtenir l'angle de décalage minimum au niveau de la LIS non OSG brouillée par une station terrienne du SFS, on a considéré que la LIS était établie entre un satellite non OSG communiquant avec un autre satellite situé deux plans orbitaux plus loin.

On a calculé la DSP de brouillage maximale admissible en utilisant la formule:

$$k T B$$

où:

$k$ : constante de Boltzmann égale à  $-228,6$  dB(J/K)

$T$ : température de bruit du système égale à 6% de celle du système notifié de 438 K

$B$ : largeur de bande de référence égale à 1 Hz.

On a calculé que la DSP de brouillage maximale admissible était égale à  $-214,40$  dB(W/Hz).

*En ce qui concerne les scénarios relatifs au cas 4, on a constaté que la marge variait de  $-19,80$  dB, pour une station terrienne du SFS émettant suivant un angle d'élévation de 90°, à  $-25,70$  dB pour une station terrienne du SFS auquel correspondait un angle d'élévation de 10°; ces valeurs ont été obtenues à partir d'une valeur maximale admissible de la puissance de brouillage, elle-même basée sur une augmentation admissible de la température de bruit du système de 6%. Si l'on pouvait considérer que le brouillage était de courte durée, il serait possible d'obtenir la puissance de brouillage maximale à partir d'une augmentation de la température de bruit du système pouvant atteindre 1 480%, ce qui permettrait d'accroître les marges de 23,92 dB. Toutefois, dans le scénario 4b, la marge, égale à  $-1,78$  dB, continuera d'être légèrement négative, ce qui nous amène à conclure que les brouillages risquant d'être causés par des stations terriennes du SFS à des LIS non OSG pourraient être inacceptables.*

*Scénario 4a: Stations terriennes Tx du SFS OSG brouillant des LIS non OSG à une distance de séparation minimale. Produit par le lobe principal de l'antenne de station terrienne du SFS, le brouillage est reçu par le lobe arrière de l'antenne du satellite Rx du SIS*

Ce scénario considère une station terrienne du SFS émettant en direction d'un satellite OSG suivant un angle d'élévation de 90°. Le brouillage provient du lobe principal de l'antenne d'une station terrienne du SFS et est reçu par le lobe arrière d'une antenne du satellite Rx du SIS. Dans le scénario 4a, la marge est négative et égale à  $-19,80$  dB (pour un rapport de protection fondé sur une valeur de 6% de la température de bruit du système). Si l'on peut considérer que le brouillage est de courte durée, il peut être judicieux de fonder le rapport de protection sur une valeur pouvant atteindre 1 480% du bruit, ce qui permettrait d'accroître de 23,92 dB la valeur maximale admissible de brouillage, la marge étant alors, dans le scénario 4a, égale à 4,12 dB.

*Scénario 4b: Stations terriennes Tx du SFS OSG brouillant des LIS non OSG suivant un angle d'élévation minimum. Produit par le lobe principal de l'antenne de station terrienne du SFS, le brouillage est reçu par le lobe latéral de l'antenne du satellite Rx du SIS*

Ce scénario considère une station terrienne Tx émettant en direction d'un satellite du SFS suivant un angle d'élévation minimum de 10°. Le brouillage provient du lobe principal de l'antenne d'une station terrienne du SFS et est reçu par le lobe latéral de l'antenne du satellite Rx d'une antenne du SIS. Dans le scénario 4b, la marge a été établie à  $-25,70$  dB (pour un rapport de protection fondé sur une valeur de 6% de la température de bruit du système). Si l'on considère que le brouillage est de court terme, il peut être judicieux de fonder le rapport de protection sur une valeur pouvant atteindre 1 480% de la température de bruit et donc d'accroître la marge de 23,92 dB; toutefois, dans le scénario 4b, la marge, égale à  $-1,78$  dB, continuera d'être légèrement négative (pour un rapport de protection fondé sur une valeur de 1 480% de la température de bruit du système).

FIGURE 1

**Scénario de brouillage du cas 1**  
**Brouillage causé par un satellite Tx du SIS OSG à un satellite Rx du SFS OSG**

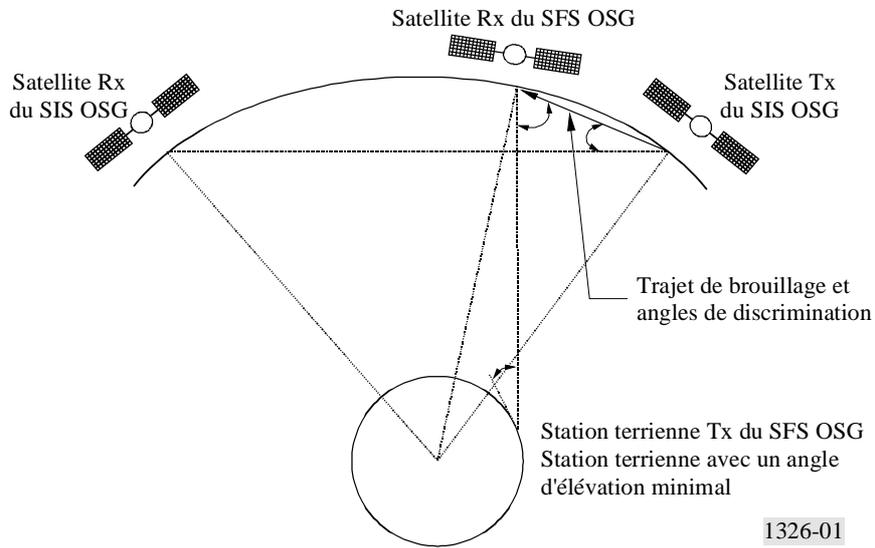


FIGURE 2

**Scénario de brouillage du cas 2**  
**Brouillage causé par une station terrienne Tx du SFS OSG à un satellite Rx du SIS OSG**

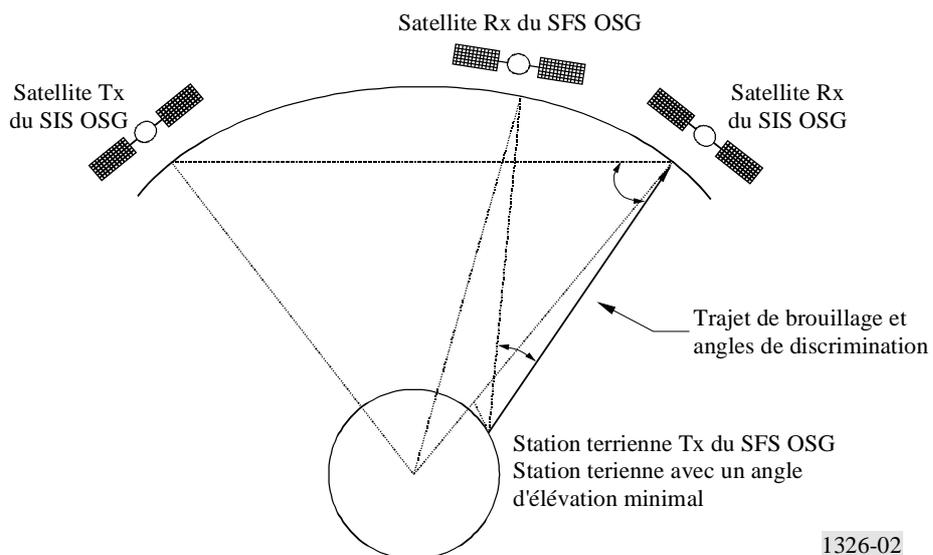
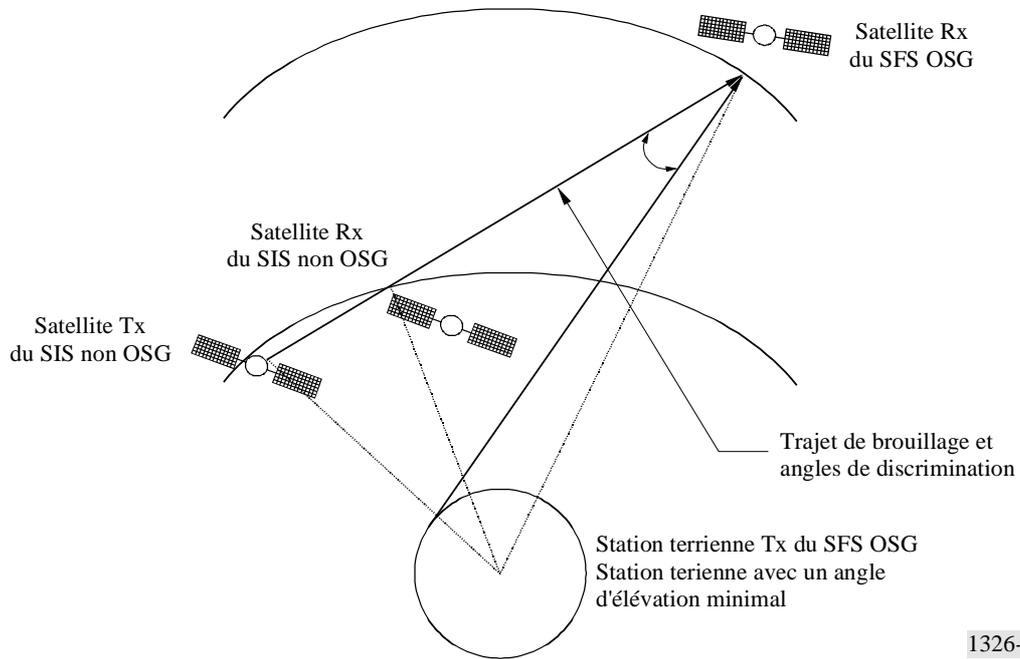
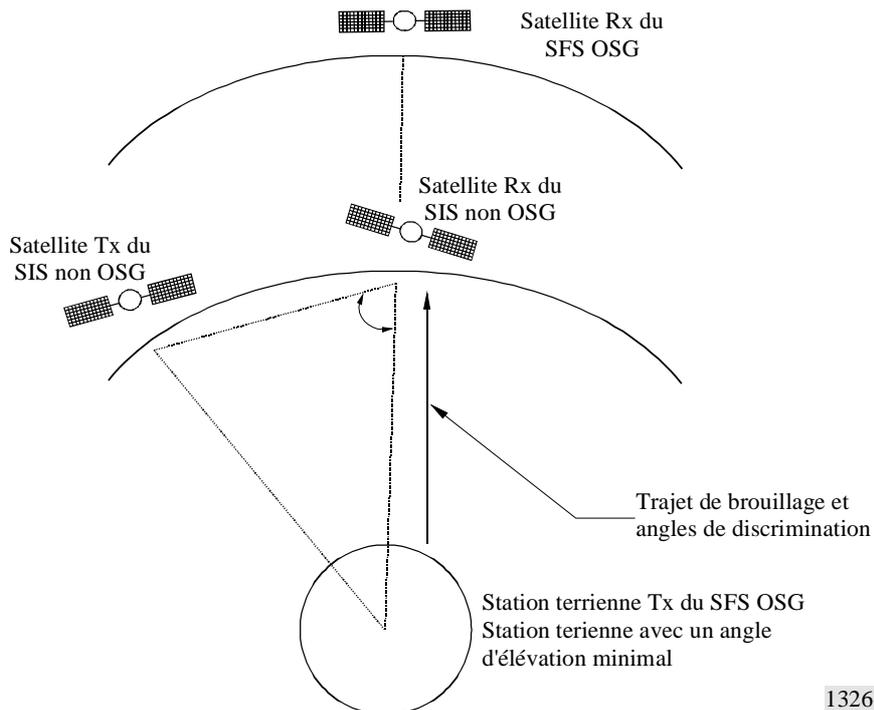


FIGURE 3  
**Scénario de brouillage du cas 3**  
**Satellite Tx du SIS non OSG brouillant un satellite Rx du SFS OSG**



1326-03

FIGURE 4  
**Scénario de brouillage du cas 4**  
**Station terrienne Tx du SFS OSG brouillant un satellite Rx du SIS non OSG**



1326-04

## 2 Examen des résultats

L'analyse décrite dans la présente Annexe montre que le partage serait possible entre des réseaux du SFS OSG émettant dans le sens Terre-espace et des LIS OSG à condition d'adopter certaines techniques visant à réduire les brouillages comme par exemple: utilisation d'antennes à faible largeur de faisceau par le SIS, emploi par le SIS ainsi que par le SFS de bonnes caractéristiques de diagramme de rayonnement de l'antenne en dehors de son axe, éviter les très longues LIS, spécification d'une séparation angulaire minimale entre les satellites du SIS OSG et les satellites du SFS OSG et utilisation de la commande de puissance sur la liaison montante pour les stations terriennes de grande dimension du SFS.

L'analyse montre en outre que des stations terriennes du SFS risquent de brouiller les LIS des réseaux non OSG sur des orbites terrestres basses. Comme il est possible qu'un grand nombre de ces liaisons soient utilisées, le partage risque d'être difficile entre les réseaux du SFS OSG et les réseaux du SIS non OSG.

Il convient, de plus, d'observer que l'analyse n'a pas pris en considération la possible utilisation de la bande 50,4-51,4 GHz pour des liaisons de connexion d'autres services (par exemple, réseaux du SMS non OSG du SFS) ni l'utilisation de la bande par des réseaux du SFS non OSG. Si des réseaux de ce type étaient employés dans cette bande, il pourrait en résulter des difficultés de partage qui devraient faire l'objet d'un complément d'étude.

## 3 Paramètres utilisés aux fins de l'analyse

TABLEAU 1

Paramètres des réseaux d'émission et de réception du SFS OSG

Fréquence d'analyse (GHz)	30,0
Augmentation maximale admissible de la température de bruit du système pour les réseaux du SIS (%)	6,0
<i>Réseau 1 du SFS OSG</i> (pour le calcul du brouillage causé aux satellites du SFS)	
Gain du Tx sur l'axe de visée de la station terrienne (dBi)	45,1
Puissance de la porteuse à la station terrienne (dBW)	-7,4
Gain sur l'axe de visée du satellite Rx (dBi)	47,4
Gain de lobe arrière du satellite Rx (dBi)	-10,0
Diagramme d'antenne du satellite Rx	Rec. UIT-R S.672
Angle d'élévation minimal de la station terrienne (degrés)	10,0
Largeur de bande (MHz) occupée par la porteuse	0,333
C/N exigé (dB)	5,8
Marge de propagation (dB)	2,5
<i>Réseau 2 du SFS OSG</i> (pour le calcul du brouillage causé par les stations terriennes du SFS)	
Gain du Tx sur l'axe de visée de la station terrienne (dBi)	63,7
Gain de lobe arrière de la station terrienne (dBi)	-10,0
Diagramme d'antenne de la station terrienne	Appendice 30B du RR (décroissance 29-25)
Puissance de la porteuse à la station terrienne (dBW)	13,3
Angle d'élévation minimal de la station terrienne (degrés)	10,0
Largeur de bande (MHz) occupée par la porteuse	186,6

TABLEAU 2

## Paramètres des réseaux du SIS OSG et du SIS non OSG

<i>Réseaux du SIS OSG</i>	
Gain sur l'axe de visée des Rx/Tx (dBi)	54,3 (pondéré)
Gain de lobe arrière des Rx/Tx (dBi)	-10
Diagramme d'antenne des Rx/Tx	Rec. UIT-R S.672
Puissance de la porteuse au satellite Tx (dBW)	14,0 (pondéré)
Séparation angulaire maximale entre les satellites (degrés)	160
Largeur de bande (MHz) occupée par la porteuse	1 000
Largeur de bande (MHz) requise pour le SIS	4 000
Température de bruit du système (K)	630
<i>Réseaux du SIS non OSG</i>	
Gain sur l'axe de visée des Rx/Tx (dBi)	45,0 (pondéré)
Gain de lobe arrière des Rx/Tx (dBi)	-10
Diagramme d'antenne des Rx/Tx	Rec. UIT-R S.672
Puissance de la porteuse au satellite Tx (dBW)	7,4
Séparation maximale des LIS entre les plans (degrés)	19
Séparation minimale des LIS à l'intérieur des plans (degrés)	9
Largeur de bande (MHz) occupée par la porteuse	1 000
Largeur de bande (MHz) exigée pour le SIS	2 000
Température de bruit du système (K)	438