

RECOMMANDATION UIT-R BO.1835

Partage entre les réseaux du service de radiodiffusion par satellite (SRS) utilisant l'attribution de la bande 17,3-17,8 GHz au SRS en Région 2 et les liaisons de connexion des réseaux du SRS utilisant l'attribution (Terre vers espace), à l'échelle mondiale de la bande 17,3-17,8 GHz au service fixe par satellite (SFS)

(2007)

Domaine d'application

La présente Recommandation porte sur la conception et la coordination des nouveaux réseaux du SRS exploités dans la Région 2 qui vont utiliser l'attribution de la bande 17,3-17,8 GHz au SRS, laquelle a pris effet le 1^{er} avril 2007. L'Annexe 1 de la présente Recommandation donne une analyse détaillée des paramètres dans les deux cas où il pourrait être nécessaire d'effectuer une coordination avec les réseaux du SRS qui utilisent l'attribution à l'échelle mondiale de la bande 17,3-17,8 GHz au SFS (Terre vers espace) pour les liaisons de connexion. La coordination ne sera peut-être pas nécessaire si les résultats de ces analyses sont pris en compte dans la conception des réseaux du SRS en Région 2 destinés à être exploités dans cette nouvelle attribution au SRS.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, dans les trois Régions de l'UIT, l'exploitation de la bande 17,3-17,8 GHz est assujettie aux plans des liaisons de connexion du service de radiodiffusion par satellite (SRS) figurant dans l'Appendice 30A du Règlement des radiocommunications (RR);
- b) que la bande 17,3-17,8 GHz est, de plus, attribuée au SRS en Région 2;
- c) que les satellites d'émission du SRS exploités dans la Région 2 risquent de brouiller les satellites de réception de liaison de connexion du SRS dans les Régions 1, 2 et 3 qui sont exploités conformément aux dispositions de l'Appendice 30A du RR;
- d) que l'Annexe 4 de l'Appendice 30A du RR donne des valeurs seuil permettant de déterminer lorsque la coordination est requise entre des stations spatiales d'émission du service de radiodiffusion par satellite et une station spatiale de réception relevant des plans des liaisons de connexion qui est exploitée dans la bande 17,3-17,8 GHz;
- e) que la coordination est requise lorsque la puissance surfacique rayonnée par un satellite d'émission du SRS en Région 2 et reçue par la station spatiale de liaison de connexion d'un satellite de radiodiffusion d'une autre administration fait augmenter la température de bruit de la station spatiale de liaison de connexion au-delà d'une valeur seuil de $\Delta T/T$ correspondant à 6%;
- f) que l'on observera peut-être des brouillages inacceptables si les satellites d'émission et les satellites de réception de liaison de connexion du SRS en Région 2 sont très rapprochés les uns des autres ou si un satellite du SRS en Région 2 brouille un satellite de liaison de connexion de réception du SRS situé sur le limbe de la Terre,

reconnaisant

1 que les études décrites dans l'Annexe 1 montrent que des satellites et des satellites de réception de liaison de connexion du SRS en Région 2 peuvent être très rapprochés, sans pour autant que le critère figurant dans l'Annexe 4 de l'Appendice 30A du RR soit dépassé;

2 que les études décrites dans l'Annexe 1 montrent que le brouillage sur le limbe de la Terre est limité à un très petit nombre de scénarios géographiques qui ne se produiront peut-être pas dans la pratique;

3 que les principaux paramètres pour déterminer la proximité à laquelle des satellites et des satellites de réception de liaison de connexion du SRS en Région 2 pourraient être déployés sont la discrimination de gain hors axe de l'antenne du satellite d'émission, celle de l'antenne du satellite de réception, le niveau crête de la puissance isotrope rayonnée équivalente du satellite d'émission et la température de bruit du système à satellites de réception,

recommande

1 que les administrations de la Région 2 tiennent compte des analyses et des résultats figurant dans l'Annexe 1 pour la conception de leurs réseaux du SRS et leur déploiement dans la bande 17,3-17,8 GHz.

Annexe 1

Analyses des paramètres pour le partage entre les réseaux du SRS utilisant l'attribution de la bande 17,3-17,8 GHz au SRS en Région 2 et les liaisons de connexion des réseaux du SRS utilisant l'attribution à l'échelle mondiale de la bande 17,3-17,8 GHz au SFS (Terre vers espace)

1 Introduction

L'attribution de la bande 17,3-17,8 GHz au service de radiodiffusion par satellite (SRS) en Région 2 a pris effet le 1er avril 2007. Cette bande attribuée au SRS est appariée avec la bande 24,75-25,25 GHz attribuée au SFS (Terre vers espace) pour ses liaisons de connexion. La bande 17,3-17,8 GHz, conformément à l'Appendice 30A du RR, est, de plus, attribuée dans le sens Terre vers espace aux liaisons de connexion des réseaux du SRS fonctionnant à 12 GHz conformément à l'Appendice 30 dans les trois Régions. Par «fonctionnement en bandes inversées» on entend généralement le fait qu'une bande de fréquences est utilisée à la fois pour les transmissions dans le sens Terre vers espace et dans le sens espace vers Terre. Les réseaux du SRS relevant des Appendices 30 et 30A sont appelés réseaux «17/12 GHz», alors que ceux fonctionnant dans l'attribution du SRS à 17 GHz en Région 2 sont appelés réseaux «24/17 GHz».

Compte tenu du fonctionnement en bandes inversées dans la bande 17,3-17,8 GHz, les deux trajets de brouillage illustrés à la Fig. 1 sont possibles:

- entre les stations spatiales d'émission et les stations spatiales de réception dans la bande des 17 GHz (de satellite à satellite); et
- entre les stations terriennes de liaison de connexion d'émission et les stations terriennes de réception dans la bande des 17 GHz.

Seul le cas satellite à satellite est examiné dans la présente Recommandation.

Il y aura brouillage entre deux satellites lorsqu'une partie du signal émis par le satellite 24/17 GHz est captée par l'antenne du satellite de réception 17/12 GHz fonctionnant dans la bande

17,3-17,8 GHz. L'importance de ce brouillage est fonction de l'espacement physique entre les satellites, du niveau de p.i.r.e. du satellite d'émission 24/17 GHz du SRS, des gains hors axe de l'antenne du satellite d'émission et de l'antenne du satellite de réception à 17 GHz, en direction l'une de l'autre, et de la température de bruit du satellite de réception.

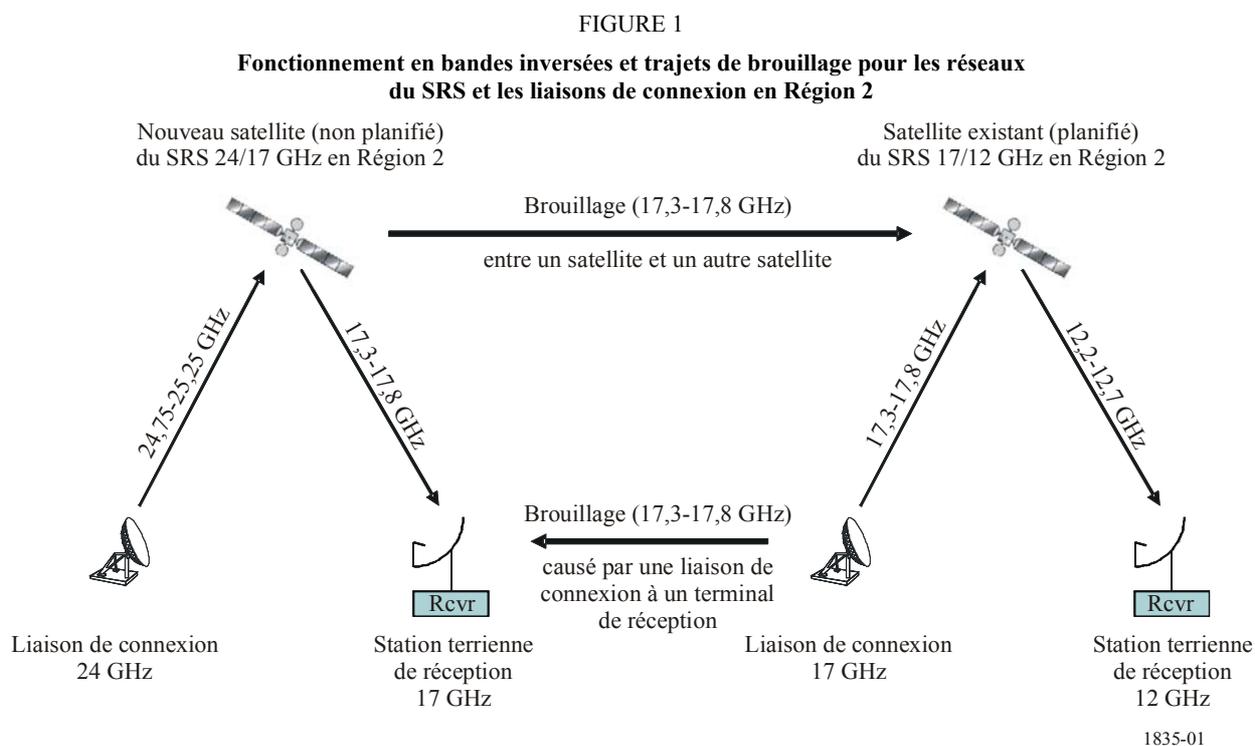
Le critère permettant de déterminer si une coordination est requise entre une station spatiale d'émission d'un réseau 24/17 GHz et une station spatiale de réception d'un réseau 17/12 GHz est donné au § 1 de l'Annexe 4 de l'Appendice 30A du Règlement des radiocommunications; il est défini comme étant un rapport $\Delta T/T$ de 6%.

Les deux cas de brouillage possibles sont les suivants:

Cas 1: brouillage entre satellites adjacents: le satellite 17/12 GHz et le satellite 24/17 GHz occupent des positions rapprochées sur l'arc orbital; et

Cas 2: brouillage sur le limbe équatorial: le satellite 17/12 GHz et le satellite 24/17 GHz sont espacés d'environ $162,6^\circ$ sur l'arc orbital, c'est-à-dire le long du limbe équatorial de la Terre.

Ces deux cas sont analysés respectivement aux § 2 et 3 ci-après.



2 Cas de satellites adjacents

Le présent paragraphe traite de satellites occupant des positions orbitales très rapprochées. On a réalisé une analyse paramétrique pour déterminer l'espacement nécessaire sur l'orbite entre une station spatiale d'émission 24/17 GHz du SRS et une station spatiale de réception 17/12 GHz du SRS qui sont très rapprochées l'une de l'autre sur l'arc géostationnaire. Les principaux paramètres d'exploitation à prendre en compte pour déterminer l'espacement requis afin de respecter le critère $\Delta T/T$ de 6% sont la p.i.r.e. du satellite d'émission 24/17 GHz, la discrimination hors axe de l'antenne du satellite d'émission, celle de l'antenne du satellite de réception et la température de bruit du satellite de réception 17/12 GHz.

L'angle hors axe par rapport à l'axe de visée tant pour l'antenne d'émission que pour l'antenne de réception est d'environ 90 degrés. Compte tenu de ces angles importants, les gains d'antenne hors axe sont bien inférieurs à la valeur crête du gain dans la direction de l'axe de visée. Il ressort d'un examen des diagrammes de rayonnement publiés pour le gain de l'antenne de réception en direction de l'arc OSG pour des assignations en Région 2 et des modifications, que les valeurs sont généralement comprises entre 0 et -5 dBi. Ces diagrammes englobent les diagrammes d'antennes de réception effectifs.

Les assignations à 17/12 GHz susceptibles d'être affectées sont les assignations actuelles des liaisons de connexion du Plan pour la Région 2 dont les paramètres techniques sont spécifiés dans l'Appendice 30A du RR et ses modifications ultérieures. Pour l'antenne de réception du satellite, on utilise dans l'analyse des caractéristiques comme la température de bruit et le gain hors axe du satellite figurant dans le plan d'origine pour la Région 2. Ce plan donne une température de bruit à la réception de 1 500 K. En outre, on suppose au § 3.7.3 de l'Annexe 3 de l'Appendice 30A que, pour des angles hors axe de plus de 20° environ, la discrimination d'antenne hors axe du satellite de réception est de valeur égale à la valeur crête de gain d'antenne, mais de signe opposé. Par conséquent, on prend pour hypothèse, dans l'analyse, un gain de réception hors axe de 0 dBi en direction du satellite adjacent même si dans la réalité la discrimination sera vraisemblablement plus importante.

Etant donné que la puissance du satellite d'émission 24/17 GHz pourrait être relativement élevée, en raison de l'utilisation de faisceaux ponctuels pour couvrir de petites zones géographiques, on a pris dans l'analyse des paramètres des valeurs crête de p.i.r.e. comprises entre 55 dBW et 65 dBW. En outre, on a pris pour hypothèse des valeurs comprises entre 40 et 60 dB pour la discrimination hors axe de l'antenne du satellite d'émission 24/17 GHz. Enfin, on a pris en compte trois valeurs pour le bruit du système de réception. Les résultats sont récapitulés dans les trois Tableaux suivants.

TABLEAU 1

p.i.r.e. de crête variable du satellite brouilleur

Ligne N°	Paramètre	Unité	Cas 1	Cas 2	Cas 3
1	Température du système pour l'assignation en Région 2	dBK	31,8	31,8	31,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densité de puissance de bruit (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-196,8	-196,8
4	Fréquence	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zone isotrope	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Largeur de bande du répéteur à 17 GHz	MHz	24,0	24,0	24,0
7	Gain du satellite de réception brouillé en direction du satellite brouilleur	dBi	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de crête du satellite brouilleur	dBW	55,0	60,0	65,0
9	Discrimination hors axe de l'émetteur du satellite brouilleur	dB	50,0	50,0	50,0
10	Espacement orbital entre les satellites	degrés	0,02	0,03	0,06
11	Espacement orbital en km	km	14,1	25,0	44,4
12	Affaiblissement d'étalement	dB	93,9	98,9	103,9
13	Puissance du satellite de réception brouilleur	dBW	-135,3	-135,3	-135,3
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

Le Tableau 1 indique les espacements orbitaux requis pour respecter un rapport $\Delta T/T$ de 6% lorsque les niveaux de p.i.r.e. du satellite d'émission 24/17 GHz varient. Les valeurs crête de p.i.r.e. sont comprises entre 55 et 65 dBW (ligne 8). Les espacements orbitaux requis correspondants sont indiqués à la fois en degrés (ligne 10) et en km (ligne 11). Si l'on utilise la valeur de p.i.r.e. la plus élevée, c'est-à-dire 65 dBW, une discrimination hors axe raisonnable de 50 dB et une température de bruit du système de réception de 31,8 dBK (1 500 K), la distance de séparation requise est de 0,06°. Si on ajoute une tolérance de maintien en position de $\pm 0,1^\circ$ pour chaque satellite, l'espacement minimal nécessaire entre des positions nominales sur l'orbite pour respecter un rapport $\Delta T/T$ de 6% serait de 0,26°.

TABLEAU 2

Discrimination hors axe variable du satellite brouilleur

Ligne N°	Paramètre	Unités	Cas 4	Cas 5	Cas 6
1	Température du système pour l'assignation en Région 2	dBK	31,8	31,8	31,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densité de puissance de bruit (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-196,8	-196,8
4	Fréquence	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zone isotrope	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Largeur de bande du répéteur à 17 GHz	MHz	24,0	24,0	24,0
7	Gain du satellite de réception brouillé en direction du satellite brouilleur	dBi	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de crête du satellite brouilleur	dBW	65,0	65,0	65,0
9	Discrimination hors axe de l'émetteur du satellite brouilleur	dB	40,0	50,0	60,0
10	Espacement orbital entre les satellites	degrés	0,9	0,06	0,02
11	Espacement orbital en km	km	140,5	44,4	14,1
12	Affaiblissement d'étalement	dB	113,9	103,9	93,9
13	Puissance du satellite de réception brouilleur	dBW	-135,3	-135,3	-135,3
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

Le Tableau 2 indique la variation de la distance de séparation requise (lignes 10 et 11) pour conserver un rapport $\Delta T/T$ de 6% lorsqu'on fait passer la discrimination de l'antenne d'émission de 40 à 60 dB (ligne 9). Dans ce cas, la valeur crête de p.i.r.e. du satellite 24/17 GHz, à l'émission, a été maintenue constante à 65 dBW. Dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire celui où la discrimination d'antenne du satellite d'émission n'est que de 40 dB, l'espacement orbital requis est de 0,19°. Là aussi, si l'on ajoute une erreur de maintien en position maximale de $\pm 0,1^\circ$ pour chaque satellite, on obtient un espacement de 0,39° entre les centres des deux satellites.

TABLEAU 3

Température de bruit du satellite de réception 12/17 GHz variable

Ligne N°	Paramètre	Unités	Cas 7	Cas 8	Cas 9
1	Température du système pour l'assignation en Région 2	dBK	31,8	29,5	27,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densité de puissance de bruit (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-199,1	-200,8
4	Fréquence	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zone isotrope	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Largeur de bande du répéteur à 17 GHz	MHz	24,	24,0	24,0
7	Gain du satellite de réception brouillé en direction du satellite brouilleur	dB	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de crête du satellite brouilleur	dBW	65,0	65,0	65,0
9	Discrimination hors axe de l'émetteur du satellite brouilleur	dB	40,0	40,0	40,0
10	Espacement orbital entre les satellites	degrés	0,19	0,25	0,30
11	Espacement orbital en km	km	140,5	181,5	222,2
12	Affaiblissement d'étalement	dB	113,9	116,2	117,9
13	Puissance du satellite de réception brouilleur	dBW	-135,3	-137,5	-139,2
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

Le Tableau 3 indique les espacements orbitaux requis pour des températures de bruit du système de réception de 1 500 K, 900 K et 600 K. La valeur crête de p.i.r.e. du système brouilleur a été maintenue constante à 65 dBW et la discrimination hors axe à 40 dB. L'espacement orbital dans le cas le plus défavorable est de 0,30°, ou 0,50° avec des tolérances maximales de maintien en position.

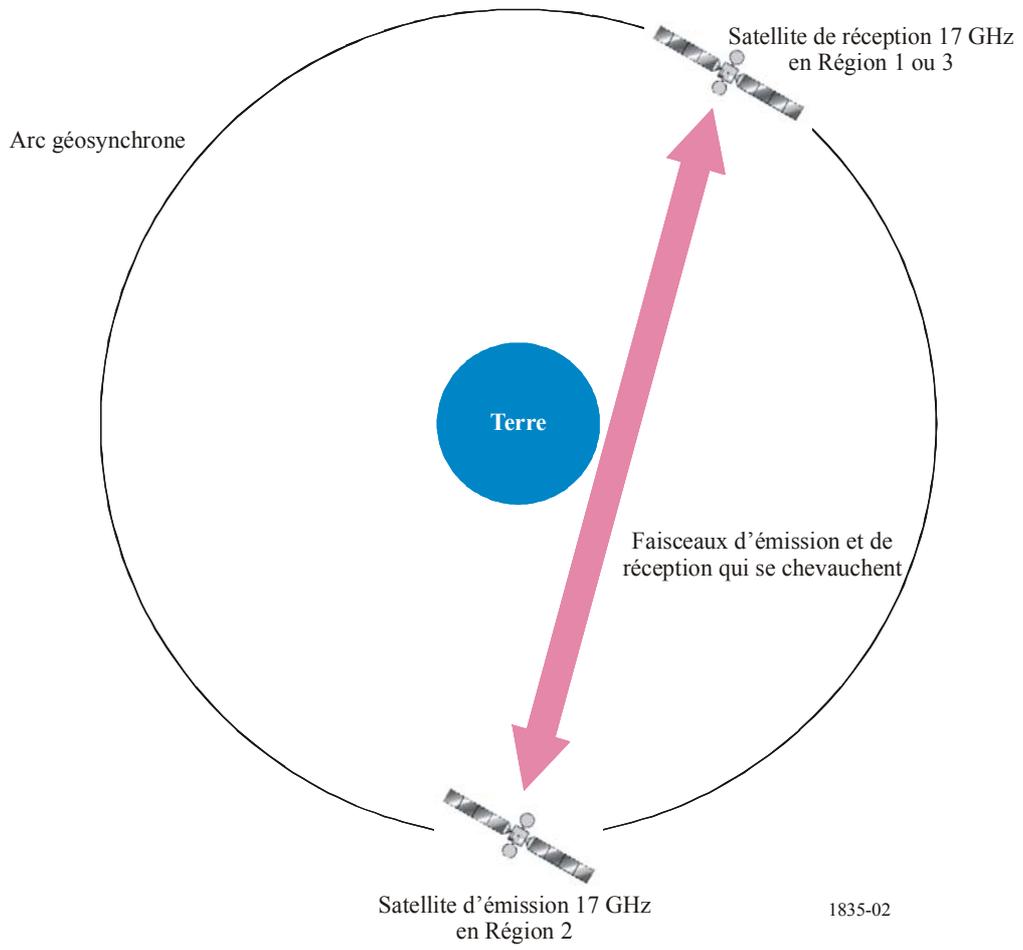
Ces résultats montrent que seulement dans le cas d'un très faible espacement entre les satellites 24/17 GHz, le niveau du rapport $\Delta T/T$ autorisé de 6%, en direction des satellites de réception 17/12 GHz, risque d'être dépassé. Il faudrait essayer de tenir compte des résultats de ces analyses lors de la conception des réseaux à satellite 24/17 GHz afin d'éviter des coordinations inutiles avec les assignations à 17/12 GHz et les modifications dans le plan de la Région 2. Il est à noter que de nombreux satellites en Région 2 fonctionnent avec un maintien en position de $\pm 0,05^\circ$ et non de $0,1^\circ$. De ce fait, tous les espacements orbitaux susmentionnés seraient réduits de 0,05 ou de $0,1^\circ$, selon que la valeur la plus stricte de maintien en position est associée à l'un des satellites ou aux deux.

3 Cas du limbe équatorial

Il s'agit du cas dans lequel le trajet de brouillage entre un satellite d'émission 24/17 GHz fonctionnant en Région 2 et un satellite de réception 17/12 GHz fonctionnant en Région 1 ou 3 passe très près du limbe de la Terre. La Fig. 2 illustre cette configuration. L'angle entre le satellite d'émission et le satellite de réception est d'environ $162,6^\circ$ et la distance en ligne droite entre ces deux satellites est alors de 83 362 km ou moins. Les Fig. 2 et 3 illustrent la géométrie pour ce cas.

FIGURE 2

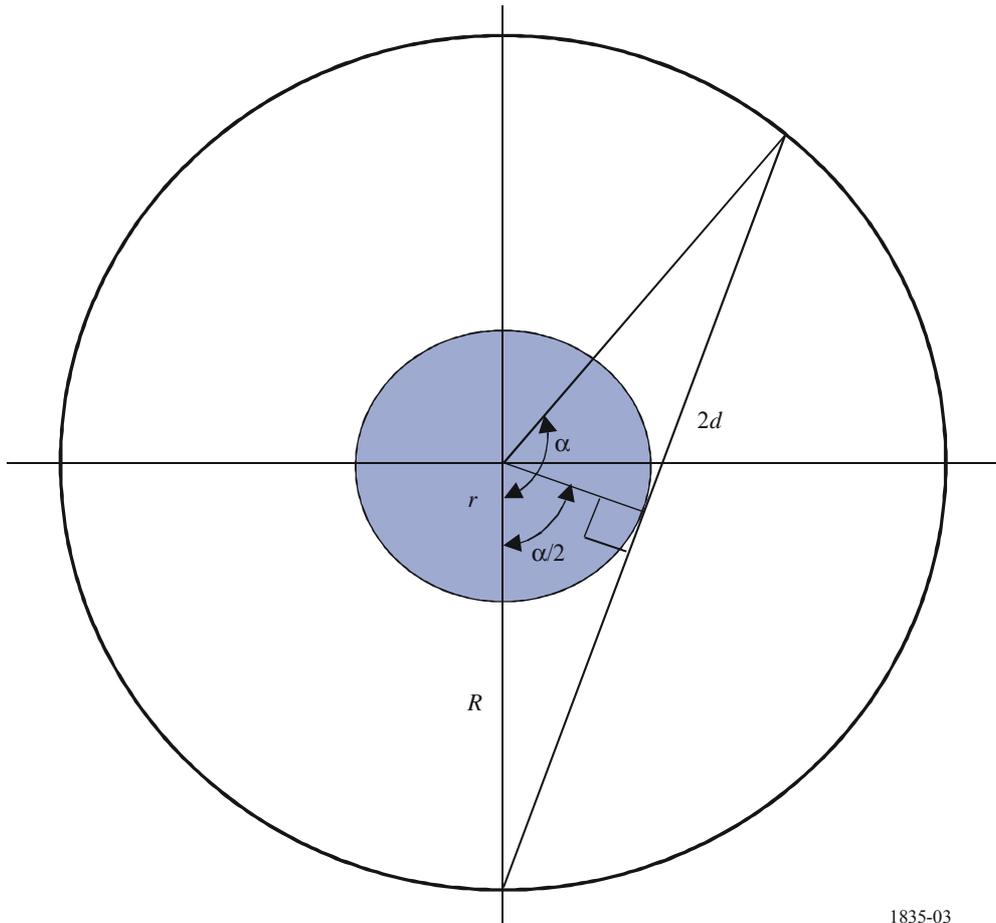
Chevauchement des faisceaux d'émission et de réception dans le cas du limbe équatorial



1835-02

FIGURE 3

Géométrie pour le cas de brouillage sur le limbe équatorial



1835-03

Dans les Fig. 2 et 3 ci-dessus:

$R =$ altitude de l'orbite OSG = 35 796 km

$r =$ rayon de la Terre = 6 370 km

$r/(r + R) = \cos(\alpha/2)$

$\alpha/2 = 81,3^\circ; \alpha = 162,6^\circ$

$2d = 2(r + R)\sin(\alpha/2) = 83 362$ km

Lorsqu'on examine la géométrie pour le cas de brouillage sur le limbe équatorial, il apparaît clairement qu'il n'y a qu'un petit nombre de zones de couverture d'émission/de réception et d'emplacements sur l'orbite susceptibles d'être brouillés. En effet, il ne peut y avoir de brouillage sur le limbe de la Terre que si un satellite d'émission 24/17 GHz en Région 2 et un satellite de réception 17/12 GHz en Région 1 ou 3 desservent des pays proches de l'équateur et présentent des gains d'antenne hors axe importants dans le plan équatorial. Dans les Régions 1 et 3, très peu de satellites de radiodiffusion, comparativement, desservent des zones proches de l'équateur. Ces zones comprennent l'Indonésie, l'Australie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, l'Inde et certains pays d'Afrique centrale.

Pour observer un brouillage appréciable sur le limbe de la Terre, causé par un satellite d'émission 24/17 GHz à un satellite de réception 17/12 GHz en Région 1 ou 3, il faut que toutes les conditions ci-après soient réunies:

- le faisceau du satellite d'émission couvre l'Amérique centrale ou l'Amérique du Sud équatoriale;

- la puissance d'émission dans le plan équatorial est appréciable; en d'autres termes, l'angle d'arrivée du faisceau d'émission est faible;
- le faisceau du satellite de réception couvre des pays équatoriaux ou subtropicaux;
- le gain de réception dans le plan équatorial est appréciable; en d'autres termes l'angle d'arrivée du faisceau de réception est faible.

Dans le Tableau ci-dessous, on calcule le brouillage $\Delta T/T$ causé à une assignation du plan pour la Région 3 par un satellite d'émission 24/17 GHz fictif en Région 2. On a utilisé dans l'analyse l'assignation INDA_101 en Région 3. Le gain de réception hors axe (ligne 7) a été calculé à l'aide du logiciel GIMS. Même avec une valeur de p.i.r.e. brouilleuse élevée de 65 dBW et aucune discrimination de gain hors axe au bord de la Terre, le rapport $\Delta T/T$ est inférieur à 1%. Cet exemple très prudent montre que les risques de brouillage appréciable sur le limbe de la Terre sont extrêmement faibles.

TABLEAU 4

Calcul du rapport $\Delta T/T$ pour le cas de brouillage sur le limbe équatorial

Ligne N°	Paramètre	Unités	
1	Température du système pour une assignation en Régions 1 et 3	dBK	27,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	228,6
3	Densité de puissance de bruit (N_0)	dB(W/Hz)	-200,8
4	Fréquence	GHz	17,5
5	Zone isotrope	dB(m ²)	-46,3
6	Largeur de bande du répéteur à 17 GHz	MHz	24,0
7	Gain du satellite de réception du satellite en Région 1 ou 3 en direction du satellite brouilleur	dBi	0,7
8	p.i.r.e. de crête du satellite brouilleur	dBW	65,0
9	Discrimination hors axe de l'émetteur du satellite brouilleur	dB	0,0
10	Espacement orbital entre les satellites	degrés	162,6
11	Espacement orbital en km	km	83 361,7
12	Affaiblissement d'étalement	dB	169,4
13	Puissance du satellite de réception brouilleur	dBW	-150,1
14	I_0/N_0	dB	-23,0
15	$\Delta T/T$	%	0,5

4 Conclusions

Les analyses paramétriques exposées dans la présente Annexe font apparaître qu'il n'y a de risque de brouillage entre un satellite d'émission du SRS 24/17 GHz en Région 2 et des satellites 17/12 GHz fonctionnant dans n'importe quelle Région conformément aux Appendices 30 et 30A du RR que dans deux cas. Le premier scénario (satellites adjacents) est celui où le satellite d'émission et le satellite de réception sont très proches l'un de l'autre et le second scénario (brouillage sur le limbe équatorial) est celui où le satellite d'émission et le satellite de réception occupent des positions opposées sur l'arc orbital géostationnaire.

Dans le cas de satellites adjacents, il faut veiller à ce que la puissance des satellites d'émission 24/17 GHz rayonnée en direction de l'arc orbital (c'est-à-dire environ 90°) soit suffisamment faible pour éviter tout brouillage avec des satellites de réception 17/12 GHz voisins, comme indiqué dans les Tableaux 1 à 3 où sont indiqués les paramètres. Pour ce cas, on a montré qu'avec des caractéristiques de fonctionnement raisonnables, l'espacement entre les satellites d'émission et de réception peut être compris entre 0,02° et environ 0,3°, non compris la tolérance de maintien en position.

Le risque d'un brouillage appréciable sur le limbe équatorial, peut être évité si l'on prend certaines précautions simples, par exemple si l'on maintient les angles d'arrivée sur les zones de service supérieurs à 20° et si on réduit le signal rayonné vers l'arc orbital.
