

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SA.1862
(01/2010)**

**Lignes directrices pour l'utilisation efficace
de la bande 25,5-27,0 GHz par le service
d'exploration de la Terre par satellite
(espace vers Terre)
et le service de recherche spatiale
(espace vers Terre)**

**Série SA
Applications spatiales et météorologie**



Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Recommandations UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R SA.1862

Lignes directrices pour l'utilisation efficace de la bande 25,5-27,0 GHz par le service d'exploration de la Terre par satellite (espace vers Terre) et le service de recherche spatiale (espace vers Terre)

(2010)

Domaine de compétence

La présente Recommandation définit les lignes directrices pour l'utilisation optimale de la bande de fréquences 25,5-27,0 GHz entre un certain nombre de systèmes scientifiques spatiaux et les réseaux de recherche au voisinage de la Terre et de recherche dans l'espace lointain, les systèmes d'exploration de la Terre, les systèmes à satellites géostationnaires et les réseaux à satellite relais de données. La présente Recommandation identifie aussi les limites de puissance surfacique réduites pour les satellites géostationnaires permettant d'assurer une meilleure protection aux missions de recherche spatiale avec des liaisons espace-Terre sensibles. Elle définit également une limite de puissance surfacique au niveau de l'OSG pour la protection des satellites des systèmes relais de données (SRD).

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande 25,5-27,0 GHz est attribuée au service d'exploitation de la Terre par satellite (SETS) (espace vers Terre) et au service de recherche spatiale (espace vers Terre) et que la bande 25,25-27,50 GHz est attribuée au service inter-satellites¹ (SIS);
- b) que le SETS et les missions du SRD au voisinage de la Terre dans la bande 25,5-27,0 GHz peuvent être compatibles sous certaines conditions;
- c) que les puissances surfaciques à la surface de la Terre résultant des missions du service de recherche spatiale sont très faibles pour les missions lunaires et extrêmement faibles pour les missions lagrangiennes Soleil-Terre et les missions dans l'espace lointain;
- d) qu'en raison de leur faible puissance surfacique, les missions dans l'espace lointain sont très vulnérables aux brouillages et bénéficient de critères de protection stricts;
- e) que plusieurs administrations prévoient d'envoyer des missions habitées dans l'environnement lunaire et au-delà;
- f) que pour les missions habitées, les critères de protection sont plus stricts que pour les missions non habitées;
- g) qu'en raison de l'affaiblissement atmosphérique, en particulier l'affaiblissement dû à la pluie et des limites de puissance surfacique spécifiées dans l'Article 21 du Règlement des radiocommunications (RR), il peut s'avérer difficile d'obtenir des disponibilités de liaison supérieures à 99,9% dans la bande 25,5-27,0 GHz;
- h) que l'utilisation prévue de la bande 25,5-27 GHz par le service de recherche spatiale et les missions du SETS n'est probablement pas compatible avec les critères de protection pour les missions habitées du service de recherche spatiale spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.609;

¹ L'utilisation de la bande 25,25-27,5 GHz par le service inter-satellites est limitée aux applications de la recherche spatiale et aux applications des satellites d'exploration de la Terre.

- j) qu'il est prévu d'utiliser la bande 25,5-27 GHz pour des missions du SETS pour diverses missions d'observation de la Terre, des missions d'exploration de la Terre et des missions de surveillance du climat;
- k) que la disponibilité de la bande 25,5-27,0 GHz est déterminante pour les missions du service de recherche spatiale au voisinage de la Terre et les missions du SETS avec des exigences en débits de données élevés;
- l) que les brouillages causés par les émissions des satellites géostationnaires sont susceptibles de dégrader fortement les marges pour les liaisons et parfois même provoquer la perte de liaisons sensibles des missions du service de recherche spatiale si ces satellites fonctionnent près des limites de puissance surfacique actuellement applicables (voir l'Annexe 1);
- m) que l'Article 21 du RR limite la puissance surfacique à la surface de la Terre à des niveaux compris entre -115 et -105 dB(W/(m² · MHz)) selon l'angle d'incidence;
- n) que la réduction des limites de puissance surfacique en-dessous des limites spécifiées dans l'Article 21 du RR pour les satellites géostationnaires offrirait la protection nécessaire aux missions lunaires et lagrangiennes;
- o) que les liaisons espace vers Terre de satellites non OSG types peuvent toujours se conformer à la limite de puissance surfacique requise pour protéger un satellite du SRD, tandis que les satellites non OSG au dessus de 1 370 km peuvent nécessiter une certaine tolérance leur permettant de dépasser cette limite pendant un faible pourcentage de temps,

reconnaissant

- a) que la collecte depuis l'espace de données météorologiques et climatiques dans le cadre du Système des systèmes mondiaux d'observation de la Terre (GEOSS) revêt une importance de plus en plus grande pour la communauté internationale;
- b) que la bande 25,5-27,0 GHz est prévue pour être utilisée par des missions habitées du service de recherche spatiale pour la transmission de données qui ne mettent pas en jeu la sécurité des astronautes et des engins;
- c) que les satellites non OSG devraient également se conformer à la Recommandation UIT-R SA.1155 – Critères de protection relatifs à l'exploitation des systèmes à satellites relais de données,

recommande

- 1 que, pour les missions dans l'espace lointain, la bande 25,5-27,0 GHz ne devrait pas être utilisée pour le service de recherche spatiale (espace vers Terre) sauf si les besoins des missions ne peuvent être satisfaits dans d'autres bandes spécifiquement attribuées aux opérations dans l'espace lointain;
- 2 que, si, pour une raison irréfutable, une mission dans l'espace lointain requiert l'utilisation de la bande 25,5-27,0 GHz, cette mission ne pourra pas exiger une protection contre les brouillages causés par les missions au voisinage de la Terre supérieure aux critères de protection énoncés dans la Recommandation UIT-R SA.609 applicables aux missions non habitées dans la bande 25,5-27,0 GHz;
- 3 que les missions habitées du service de recherche spatiale ne devraient pas exiger de protection contre les brouillages dus au SETS et aux missions non habitées du service de recherche spatiale supérieure aux critères de protection énoncés dans la Recommandation UIT-R SA.609 applicables aux missions non habitées dans la bande 25,5-27,0 GHz;

4 que, pour offrir une protection supplémentaire aux missions lunaires et lagrangiennes du service de recherche spatiale, les missions du SETS et du service de recherche spatiale en orbite géostationnaires devraient limiter leurs niveaux de puissance surfacique à $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ dans la bande 25,5-27,0 GHz pour tous les angles d'incidence à la surface de la Terre (voir l'Annexe 1);

5 que les satellites du SETS et du service de recherche spatiale en orbite non géostationnaire disposant de liaisons par satellite espace vers Terre, ne devraient produire une puissance surfacique supérieure à $-133 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ en tout point où se trouve un satellite du service de recherche spatiale sur l'orbite des satellites géostationnaires. Cette limite peut être dépassée pendant 0,1% du temps au maximum pour les systèmes non OSG à des altitudes supérieures à 1 370 km (voir l'Annexe 2).

Annexe 1

Impact potentiel des satellites géostationnaires sur les liaisons sensibles des missions du service de recherche spatiale

1 Introduction

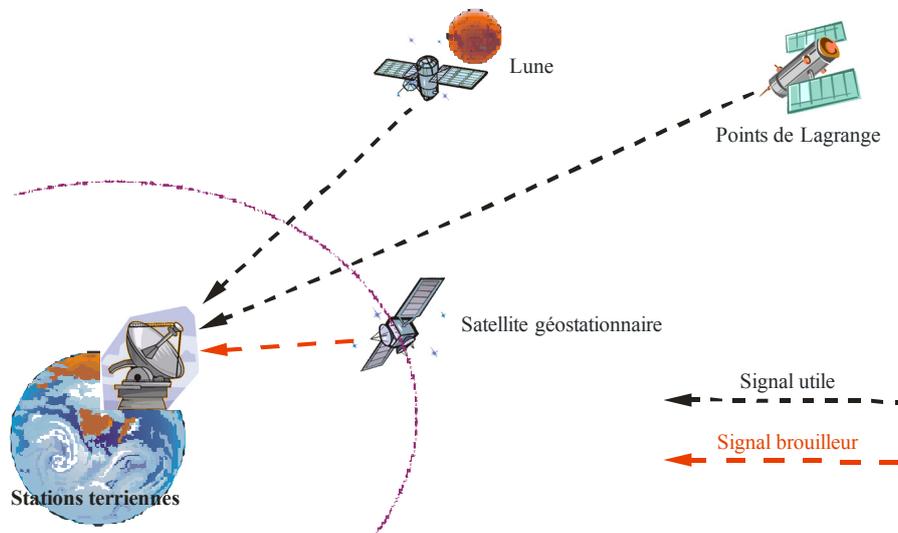
La bande 25,5-27,0 GHz est une bande importante pour les liaisons descendantes du SETS et du service de recherche spatiale. Cette bande est prévue pour être utilisée aussi bien par le SETS que pour les missions du service de recherche spatiale. Les missions du service de recherche spatiale pourraient se dérouler à une distance quelconque entre une orbite terrestre basse et les points de Lagrange Soleil-Terre. Un certain nombre d'études approfondies ont traité de la compatibilité entre divers types de mission, concluant que pour toutes les applications potentielles on pouvait utiliser en partage la bande 25,5-27,0 GHz sans problème à l'exception des satellites géostationnaires fonctionnant avec des puissances surfaciques proches des limites définies à l'Article 21 du RR. La présente Annexe contient un résumé des résultats des diverses études et un rappel des limites de puissance surfacique réduites correspondantes pour les satellites géostationnaires.

2 Caractéristiques des systèmes du service de recherche spatiale susceptibles d'être brouillés

Les missions du service de recherche spatiale les plus sensibles sont celles qui utilisent des satellites proches des points de Lagrange L1/L2 et proches de la Lune. La Fig. 1 illustre de telles applications scientifiques et la constellation de brouillages correspondante.

FIGURE 1

Divers types de mission avec éventuel déploiement dans la bande 25,5-27,0 GHz



1862-01

Le Tableau 1 montre les caractéristiques de systèmes lunaires analysés dans l'une des études détaillées. Comme le montre ce tableau, la marge pour la liaison est équivalente à $C_0/N_0 - C_0/N_0$ requis. Ces marges sont calculées à partir des données du système en utilisant des hypothèses standard concernant le débit de données, le codage et la disponibilité.

TABLEAU 1

**Caractéristiques essentielles des systèmes lunaires du service
de recherche spatiale brouillés représentatifs**

Paramètres	Systèmes à satellites du service de recherche spatiale représentatifs brouillés	
	LRO Lunar	Cx Lunaire, 50 MHz
Fréquence (MHz)	25 650	26 000
Distance oblique (km)	401 427	404 943
Puissance d'émission (dB(W))	16,0	17,0
Division de la puissance d'émission (dB)	-3,0	0,0
Gain d'émission (dBi)	42,9	43,5
Puissance surfacique maximale à la surface de la Terre (dB(W/(m ² · MHz)))	-143,0	-141,4
Débit de données (Mbit/s)	50,0	25,0
Gain à la réception (dBi)	71,3	70,4
Affaiblissements sur la liaison (dB)	-7,5	-9,7
Affaiblissement dû à la pluie/atmosphère (dB)	-1,25	-2,8
Température (K)	510,0	446,7

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètres	Systèmes à satellites du service de recherche spatiale représentatifs brouillés	
	LRO Lunar	Cx Lunaire, 50 MHz
C_0/N_0 (dB)	10,3	13,6
C_0/N_0 requis (dB)	2,9	2,2
Marge (dB)	7,4	11,4

Une autre étude détaillée a utilisé le James Web Space Telescope (JWST) comme exemple représentatif d'une mission lagrangienne. Deux débits de données ont été considérés à savoir 14 et 56 Mbit/s. Le débit de données ajustable aide à maintenir une liaison en cas d'intenses événements de pluie. Le Tableau 2 contient un résumé des hypothèses retenues pour des missions lagrangiennes du service de recherche spatiale brouillées.

TABLEAU 2

Principales caractéristiques des systèmes brouillés des missions lagrangiennes du service de recherche spatiale

	JWST-14	JWST-56
Altitude de l'orbite du satellite du service de recherche spatiale (km)	1 500 000	
Puissance du satellite du service de recherche spatiale (dBW)	13,1	
Largeur de bande du lobe principal avec le MDP4 (MHz)	14	56
Diamètre de l'antenne du satellite du service de recherche spatiale (m)	1,05	
Gain maximal de l'antenne du satellite du service de recherche spatiale (dBi)	46,2	
Diamètre de l'antenne de la station terrienne du service de recherche spatiale (m)	34,0	
Température de bruit du système du service de recherche spatiale (K)	200	
Affaiblissements techniques du récepteur et du pointage (dB)	3,0	
E_s/N_0 requis pour le codage MDP4 avec codage du canal (dB)	2,5	
Marge pour l'affaiblissement atmosphérique (dB)	20,0	13,9

Pour toutes les évaluations, on a utilisé comme base les critères de protection spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.609. Cette Recommandation spécifie un niveau de densité de brouillage de -156 dB(W/MHz) à ne pas dépasser pendant plus de 0,1% du temps.

3 Caractéristiques prises pour hypothèse pour les systèmes géostationnaires brouilleurs

Les caractéristiques pertinentes des bilans des liaisons pour certains systèmes géostationnaires sont indiquées dans le Tableau 3. Le système GSO-1 est représentatif des missions Alpha-Sat avec une largeur de bande de canal de 405 MHz. Ce satellite a été conçu avec une antenne parabolique de 0,7 m. Pour les simulations, une station terrienne située à Madrid a été supposée correspondre au cas le plus défavorable. Le système GSO-1 est supposé être assez représentatif de plusieurs systèmes géostationnaires prévus pour être déployés dans cette bande. Le système GSO-2 est un système théorique et pourrait être représentatif de systèmes à faible élévation avec une grande disponibilité pour une station terrienne spécifique. On a supposé que le satellite occupait la position 48° E de l'OSG. L'angle d'élévation vers le centre de l'Espagne est de 20°. Le système GSO-3 peut être représentatif d'un système à forte disponibilité avec plusieurs stations terriennes plus petites à l'intérieur d'une sous-région. Il pourrait par exemple s'agir d'un système émettant en direction de stations d'extraction de données directe. Le système GSO 3 est supposé être positionné à 14° E et desservir un certain nombre de petites stations d'utilisateur en Espagne. Même avec une antenne parabolique embarquée de 1,4 m, le faisceau principal couvre une région assez vaste comme le montre la Fig. 2. On peut trouver des situations analogues avec d'autres emplacements de stations terriennes sensibles du service de recherche spatiale.

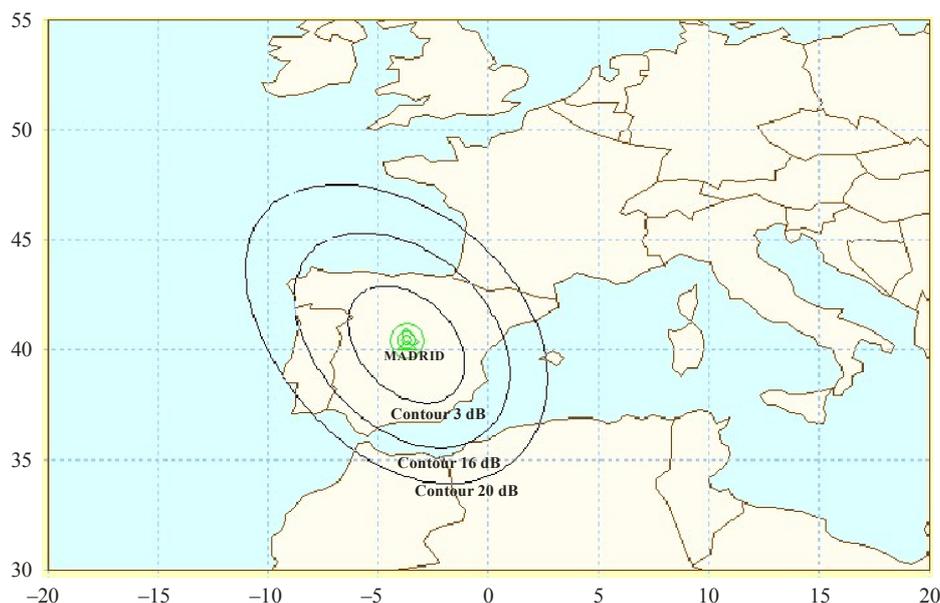
TABLEAU 3

Paramètres clés de systèmes à satellites géostationnaires

Paramètre	GSO-1	GSO-2	GSO-3
Puissance d'émission (dBW)	14,0	20,0	23,0
Gain de l'antenne de satellite (dBi)	43,1	46,2	49,7
P.i.r.e. du satellite (dBW)	57,3	66,2	72,7
Largeur de bande du lobe principal pour 600 Mbit/s et la MDP4 (MHz)	600		
Puissance surfacique maximale au site de réception (dB(W/(m ² · MHz)))	-130,2	-121,5	-114,6
Disponibilité de liaison (%)	99,90	99,98	
Affaiblissement du signal pour la disponibilité prise pour hypothèse (dB)	8,4	21,5	15,0
Diamètre de l'antenne de la station terrienne (m)	7,3	10,0	2,0

FIGURE 2

Contours de l'empreinte en direction de Madrid pour un satellite géostationnaire



1862-02

4 Evaluation des brouillages causés aux missions du service de recherche spatiale

Une approche fondée sur un critère I/N est en général utilisée pour déterminer si les brouillages entre systèmes se traduiront par des brouillages inacceptables de systèmes du service de recherche spatiale et du SETS existants.

Sur la base de la Recommandation UIT-R SA.609, le niveau des brouillages reçus de toutes les sources ne doit pas dépasser le niveau total suivant:

I_0/N_0 à ne pas dépasser -6 dB pendant plus de 0,1% du temps.

Dans l'analyse on est allé au-delà du critère de base de brouillage I_0/N_0 et tenu compte des marges pour les liaisons relativement grandes dont disposent de nombreux systèmes du service de recherche spatiale et du SETS. On s'est intéressé à la marge pour la liaison dégradée, tout simplement appelée «marge»:

$$\text{Marge} = C_0/(N_0 + I_0)_{\text{mesurée}} - C_0/N_{0\text{requis}}$$

Le critère de base pour déterminer si les niveaux des brouillages étaient acceptables, était le suivant:

Marge ne tombant pas en-dessous de α dB pendant plus de 0,1% du temps

où α a une valeur examinée ci-dessous. Une valeur possible de α serait 0, étant donné qu'il correspond au le niveau en-dessous duquel la liaison pourrait ne pas être fermée.

Toutefois, on n'a pas considéré prudent de permettre à toute la marge d'être entièrement consommée par les brouillages causés par d'autres systèmes non OSG ou OSG, ainsi α pourrait en fait avoir une valeur supérieure à 0. Il convient de souligner que l'utilisation de ce type de critère de brouillage permet à l'étude de d'aller au-delà de la méthode d'analyse I/N traditionnelle pour analyser la dégradation des marges pour la liaison des systèmes.

Certaines hypothèses clés ont été utilisées pour la simulation dans laquelle les sources brouillées et brouilleuses sont supposées fonctionner avec la même fréquence centrale. De plus, la puissance totale du brouilleur est moyennée sur sa largeur de bande, et on ajoute 3 dB pour tenir compte de la densité de crête, en supposant une modulation MDP. Les diagrammes de rayonnement des antennes de satellite à gain élevé sont conformes au diagramme de rayonnement de référence de la Recommandation UIT-R S 672. Les diagrammes de rayonnement des stations terriennes sont conformes au diagramme de référence de la Recommandation UIT-R F.1245.

Robledo et Cebreros sont deux emplacements du centre de l'Espagne qui prennent en charge des missions sensibles du service de recherche spatiale, telles les missions lagrangiennes ou, potentiellement, les missions vers la Lune. Compte tenu des longues distances vers L1 et L2, la puissance surfacique des signaux reçus est assez faible, ce qui requiert la présence de grandes stations terriennes (jusqu'à 35 m) avec un rapport G/T élevé. Dans la mesure où les statistiques de brouillage sont concernées, toutes les stations terriennes à des latitudes analogues montrent des résultats semblables. La seule différence importante sera l'affaiblissement atmosphérique qui diffère dans une large mesure entre les divers sites possibles.

En ce qui concerne les brouillages possibles des missions lagrangiennes du service de recherche spatiale causés par des satellites géostationnaires dont les caractéristiques sont données dans le Tableau 3, certaines études ont conclu qu'une mise en œuvre type telle que AlphaSat respecterait tout juste le critère de la Recommandation UIT-R SA 609, en supposant que sa station terrienne est implantée dans le centre de l'Espagne. Pour les systèmes GSO 2 et GSO-3, un dépassement de 8 à 15 dB du critère de la Recommandation UIT-R SA.609 se produirait même avec une limite de puissance surfacique réduite égale à $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Toutefois, la non-conformité au critère de la Recommandation UIT-R SA.609 ne signifie pas nécessairement que des brouillages préjudiciables apparaîtront. Les liaisons au voisinage de 26 GHz nécessitent une marge importante pour obtenir une disponibilité de plus de 99 % pour des angles d'élévation qui tomberaient à 5-10°. Ainsi par exemple, à Robledo et à Cebreros il faut des marges de 10 dB environ pour fermer une liaison pour des angles d'élévation descendant jusqu' à 5° pendant 99% du temps. Pour une exploitation avec des angles d'élévation descendant jusqu'à 10°, il faudra encore disposer d'une marge de 5,4 dB. Cela aboutit à une situation pratique dans laquelle les événements de brouillage dépassant le critère de la Recommandation UIT-R SA.609, dans de nombreux cas diminuent seulement la marge sans provoquer de perte de la liaison. L'interruption de la liaison due à l'affaiblissement atmosphérique est bien plus grande comparativement aux brouillages. Lorsqu'on considère la perte réelle de données due aux brouillages, le critère $E_s/(N_0 + I_0)$ requis peut être respecté pendant 99,98 % du temps même en présence de satellites géostationnaires fonctionnant avec une limite de puissance surfacique réduite égale à $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Toutefois, un satellite géostationnaire fonctionnant avec les limites de puissance surfacique définies dans le RR N° 21.16, pourrait causer des brouillages préjudiciables qui se traduiraient par une perte de la liaison. Les brouillages qui pourraient être causés à des missions lunaires par les mêmes satellites sont d'intensité analogue.

Le Tableau 4 présente un résumé des résultats pour d'autres analyses concernant les brouillages causés par une mission à satellite OSG théorique à des missions analogues à celles énumérées dans le Tableau 1. Le Tableau 4 montre la marge sans brouillage ainsi que les marges dégradées pour les missions du service de recherche spatiale dues aux brouillages émanant d'une mission OSG à 107° O avec des niveaux de puissance surfacique compris entre -105 et $-125 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Le satellite placé à 107°W émet vers la station WSC (White Sands) sous un angle d'élévation avec la station terrienne supérieur à 25 °.

Une mission OSG théorique qui fonctionnerait avec la limite de puissance surfacique de $-105 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pourrait présenter des niveaux de brouillage supérieurs au critère de brouillage, étant donné qu'une mission OSG serait en permanence dans le champ de visibilité de la station terrienne brouillée. Toutefois, un tel niveau élevé de puissance surfacique serait seulement

nécessaire si des stations de très petite taille étaient utilisées (1 ou 2 m par exemple) et si une grande disponibilité était requise.

Les résultats donnés dans le Tableau 4 montrent que la marge au niveau de 0,1% est négative ou fortement dégradée pour les missions lunaires LRO et C Lunar lorsque le satellite OSG brouilleur utilise une puissance surfacique qui respecte tout juste les limites contenues dans l'Article 21 du RR. Pour les brouillages causés à la mission LRO, la marge passe de 7,4 à -0,1 dB et pour la mission Cx Lunar, de 11,4 à -3 dB. Dans les deux cas, les marges sont ramenées à des valeurs qui peuvent être considérées comme étant trop faibles. Les Fig. 3 et 4 montrent les statistiques de brouillage correspondantes pour les missions LRO et Cx Lunar.

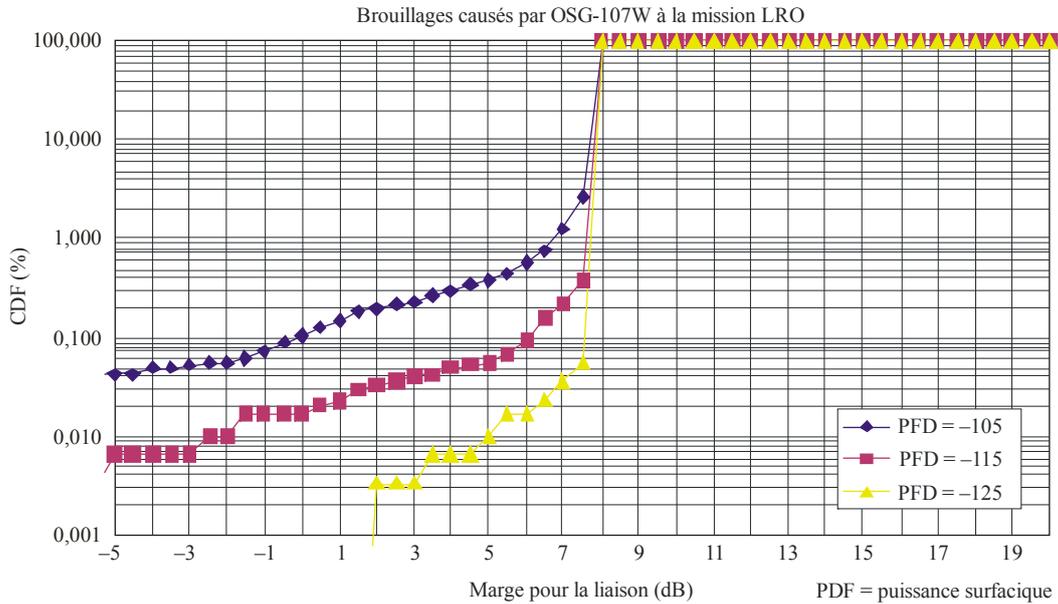
Toutefois, si la puissance surfacique est limitée à une valeur maximale de $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pour tous les angles d'incidence, la dégradation due aux brouillages est fortement diminuée. En abaissant encore plus la puissance surfacique à $-125 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pour tous les angles d'incidence, l'amélioration ne serait pas importante.

TABLEAU 4

**Résultats concernant la marge pour les brouillages à une seule source
pour le cas OSG au niveau 0,1%**

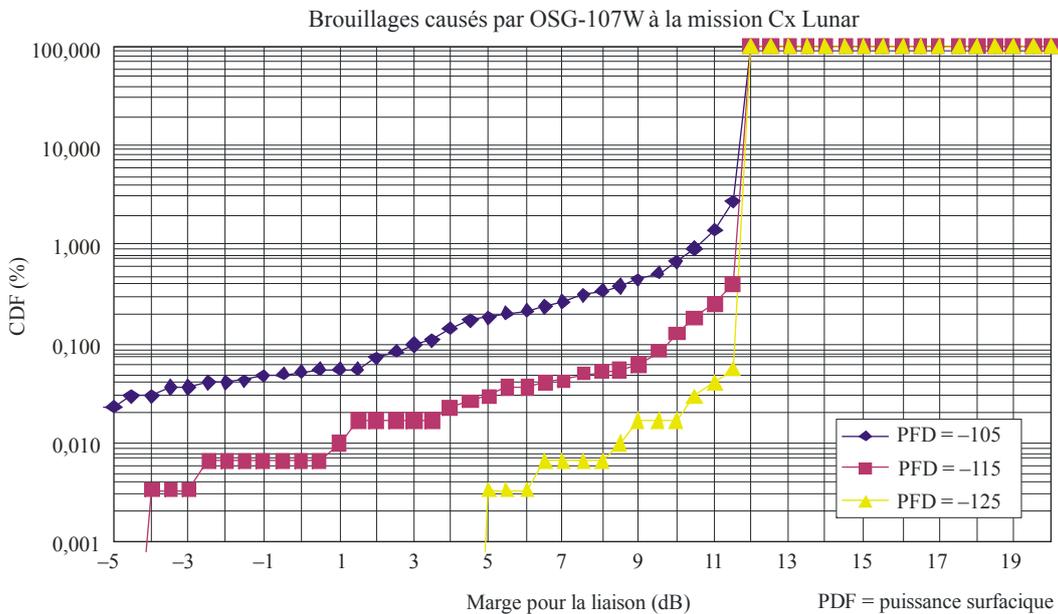
Mission brouillée	Station de réception	Marge C/N (dB) sans brouillage	Marges au niveau 0,1%		
			OSG 107W; pfd = -105 pour E = 90	OSG 107W; pfd = -115 pour EL = 90	OSG 107W; pfd = -125 pour EL = 90
LRO	WSC	7,4	-0,1	6,1	7,4
Cx Lunar, 50 MHz	WSC	11,4	3,0	9,7	11,4

FIGURE 3
Diagramme montrant les marges pour les brouillages causés
par un satellite OSG-107 W à la mission LRO



1862-03

FIGURE 4
Diagramme montrant les marges pour les brouillages causés
par un satellite OSG-107 W à la mission Cx Lunar



1862-04

En résumé, toutes les études concluent que les satellites géostationnaires fonctionnant avec la même puissance surfacique que les satellites d'observation de la Terre produiraient des niveaux de brouillage qui seraient au moins d'un ordre de grandeur supérieurs aux critères spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.609, et qui sont bien supérieurs comparés aux missions SETS

non OSG, en raison de la visibilité plus grande. Néanmoins, le dépassement des critères de puissance surfacique spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.609 ne conduirait pas à des situations où le rapport $E_s/(N_0 + I_0)$ serait inacceptable si les satellites géostationnaires fonctionnaient avec des puissances surfaciques inférieures à $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Toutefois, un satellite fonctionnant avec les limites de puissance surfacique spécifiées au N° 21.16 pourrait causer d'importants brouillages. Dans de nombreuses régions du monde avec un affaiblissement dû à la pluie faible ou modéré, les systèmes géostationnaires peuvent généralement être déployés sans qu'il soit nécessaire qu'ils fonctionnent à des niveaux proches des limites actuelles de puissance surfacique.

Une limite de puissance surfacique d'environ $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pour les systèmes à satellites géostationnaires, pour tous les angles d'incidence offrirait donc une protection adéquate aux missions du service de recherche spatiale sans imposer des contraintes injustifiées aux satellites géostationnaires.

Annexe 2

Limites de puissance surfacique imposées à l'OSG pour les satellites non OSG

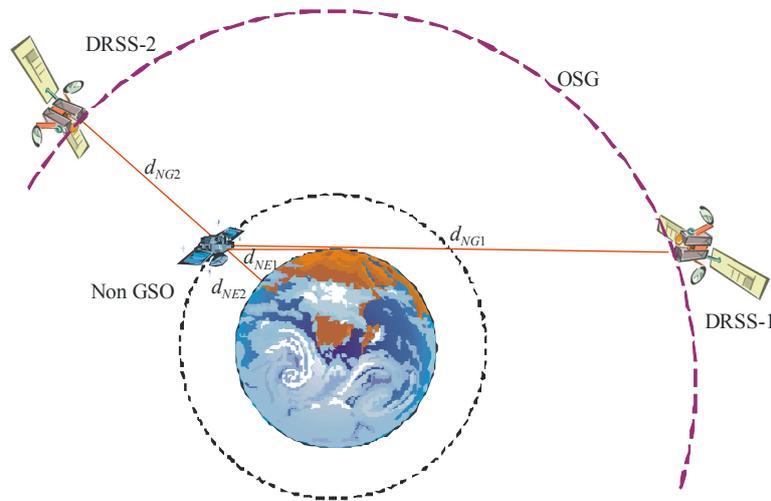
La Recommandation UIT-R SA.1155 spécifie une densité spectrale maximale de puissance permmissible P_{sd} égale à -178 dB(W/kHz) qui peut être convertie en -148 dB(W/MHz) compte tenu de la largeur de bande généralement très grande des récepteurs des satellites du SRD. La valeur de la puissance surfacique correspondante peut être calculée en tenant compte de surface apparente de l'antenne:

$$PFD_{limit} = P_{sd} - 10 \log \left(\eta \pi \frac{D^2}{4} \right) = -148 + 1,05 - 10 \log(\eta D^2)$$

Le diamètre de la plus grande antenne des satellites actuels du service de recherche spatiale est de 4,9 m. On peut supposer que le rendement η est de 50 %. La valeur de la puissance surfacique correspondante serait $-157.7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Le pourcentage de temps autorisé de 0,1 % spécifié dans la Recommandation UIT-R SA.1155 ne peut s'appliquer à la limite de puissance surfacique étant donné qu'alors le fait que les deux antennes s'orientent l'une vers l'autre, et que l'exposition de l'emplacement du satellite relais de données OSG avec la limite de puissance surfacique spécifiée se traduit seulement par un brouillage permmissible maximal lorsque l'antenne du satellite relais de données pointe directement sur le satellite du SETS.

On suppose qu'un certain pourcentage de l'excédent de brouillage est acceptable qui correspond à l'ouverture du lobe principal. Pour une antenne de 4,9 m, l'angle du premier lobe latéral est d'environ $0,22^\circ$ (sur un côté). La probabilité pour qu'un autre satellite avec des paramètres d'orbite synchrone soit à l'intérieur de l'ouverture du lobe principal est d'environ dans le lobe principal est d'environ $3,7 \cdot 10^{-6}$, ce qui est considérablement inférieur à 10^{-3} comme spécifié dans la Recommandation UIT-R SA.1155. Le dans le premier lobe latéral est supposé être inférieur de 25 dB environ selon la recommandation UIT-R S.672. Cela donne une limite de puissance surfacique de $-132.7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Afin de déterminer une distance appropriée d_{NE} , on a supposé qu'un satellite non OSG fonctionnait à la limite de puissance surfacique. On peut donc considérer les deux cas suivant comme illustré à la Fig. 5.

FIGURE 5
Brouillages causés par un satellite non OSG à des satellites
d'un système relais de données OSG



1862-05

Cas 1: on suppose une puissance surfacique maximale de $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ vers un angle d'incidence de 5° à la surface de la Terre et par conséquent aussi une puissance surfacique maximale vers le satellite relais de données DRSS-1. Cela est en général le cas avec des antennes paraboliques ou en raison de l'occultation par l'engin spatial lui-même dans le cas d'antennes cardioïdes. Pour simplifier, la puissance surfacique en direction du satellite DRSS-1 a été supposée égale à la puissance surfacique en direction de l'angle d'incidence de 5° . En réalité, le niveau sera de plus de 3 dB inférieur en raison de la distance légèrement plus grande et de l'occultation par la Terre de la moitié du lobe principal de l'antenne

Cas 2: on suppose une puissance surfacique maximale de $-105 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ vers un angle d'incidence de 90° à la surface de la Terre et aussi une puissance surfacique maximale vers le satellite DRSS-2 via les lobes arrière de l'antenne. Cela peut être la situation dans le cas d'émissions via des antennes équidirectives.

Les distances associées peuvent être déduites des équations suivantes:

$$PFD = \frac{EIRP}{4 \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$EIRP = PFD_1 \cdot (4 \cdot \pi \cdot d_{NE}^2) = PFD_2 \cdot (4 \cdot \pi \cdot d_{NG}^2)$$

$$d_{NE} = \sqrt{\frac{PFD_2}{PFD_1}} \cdot d_{NG}$$

$$h_O = \sqrt{R^2 + d_{NE}^2} - R$$

dans lesquelles

d_{NE1} : distance entre le satellite non OSG et le point de la Terre où l'angle d'incidence est égal à 0°

- d_{NG1} : distance entre le satellite non OSG et le satellite DRSS-1
($d_{NG1} = d_{NE1} + 41\,680$ km)
- d_{NE2} : distance entre le satellite non OSG et le point sub-satellite (angle d'incidence de 90°)
- d_{NG2} : distance entre le satellite non OSG et le satellite DRSS-2
($d_{NG2} = 35\,787$ km $- d_{NE2}$)
- h_O : altitude de l'orbite du satellite non OSG
- R : rayon de la Terre (6 378 km).

Pour le Cas 1, $PF_{D1} = -115$ dB(W/(m²·MHz)), $PF_{D2} = -133$ dB(W/(m²·MHz)) et l'altitude minimale correspondante de l'orbite non OSG serait 2 380 km.

Pour le Cas 2, $PF_{D1} = -105$ dB(W/(m²·MHz)), $PF_{D2} = -133$ dB(W/(m²·MHz)) et l'altitude minimale correspondante de l'orbite non OSG serait 1 370 km.

A l'altitude minimale de l'orbite de 1 370 km correspond au cas le plus défavorable, c'est cette distance qui a servi de base à la présente Recommandation.
