

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R RS.2065-0
(12/2014)

**Protection des liaisons espace vers Terre du
service de recherche spatiale dans
les bandes 8 400-8 450 MHz et
8 450-8 500 MHz contre les rayonnements
non désirés des radars à ouverture
synthétique fonctionnant dans le service
d'exploration de la Terre par satellite
(active) au voisinage de 9 600 MHz**

Série RS
Systemes de télédétection



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	Systemes 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, 2016

© UIT 2016

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 RS.2065-0

Protection des liaisons espace vers Terre du service de recherche spatiale dans les bandes 8 400-8 450 MHz et 8 450-8 500 MHz contre les rayonnements non désirés des radars à ouverture synthétique fonctionnant dans le service d'exploration de la Terre par satellite (active) au voisinage de 9 600 MHz

(2014)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les méthodes permettant aux systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) de réduire leurs rayonnements non désirés dans la bande utilisée par le service de recherche spatiale et recommande que les systèmes du SETS (active) assurent une protection complète des missions du service de recherche spatiale (espace lointain) pendant leurs opérations critiques et évitent d'endommager, en tous temps, les récepteurs de stations terriennes du service de recherche spatiale.

Mots clés

Opérations critiques, détérioration, espace lointain, stations terriennes, SETS (active), brouillage, atténuation, protection, critère, récepteur, SAR, saturation, espace vers Terre, service de recherche spatiale, radar à ouverture synthétique, rayonnements non désirés

Abréviations/Glossaire

SETS	Service d'exploration de la Terre par satellite
MFL	Modulation linéaire de fréquence
SAR	Radar à ouverture synthétique
E/R	Emission/réception

Recommandations et Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R RS.2043	Caractéristiques des radars à ouverture synthétique fonctionnant dans le service d'exploration de la Terre par satellite (active) au voisinage de 9 600 MHz
Recommandation UIT-R SA.609	Critères de protection pour les liaisons de radiocommunication avec les satellites de recherche habités ou non, proches de la Terre
Recommandation UIT-R SA.1014	Vaisseaux habités ou inhabités destinés à la recherche dans l'espace lointain: exigences en matière de télécommunications
Recommandation UIT-R SA.1157	Critères de protection pour la recherche dans l'espace lointain
Recommandation UIT-R SM.1541	Rayonnements non désirés dans le domaine des émissions hors bande

Rapport UIT-R RS.2308

Compatibilité radiofréquence entre les rayonnements non désirés des radars à synthèse d'ouverture du SETS fonctionnant à 9 GHz et le service d'exploration de la Terre par satellite (passive), le service de recherche spatiale (passive), le service de recherche spatiale et le service de radioastronomie fonctionnant respectivement dans les bandes de fréquences 8 400-8 500 MHz et 10,6-10,7 GHz

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande de fréquences 9 300-9 800 MHz est attribuée au SETS (active) à titre primaire;
- b) que la bande de fréquences 9 800-9 900 MHz est attribuée au SETS (active) à titre secondaire;
- c) que la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz est attribuée à titre primaire au service de recherche spatiale (espace lointain) pour les liaisons espace vers Terre;
- d) que la bande de fréquences 8 450-8 500 MHz est attribuée à titre primaire au service de recherche spatiale pour les liaisons espace vers Terre;
- e) que les systèmes exploitant des radars actifs dans la bande de fréquences 9 300-9 900 MHz utilisent des émissions de forte puissance dans le sens espace vers Terre;
- f) que les stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain) fonctionnant dans la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz qui sont décrites dans la Recommandation UIT-R SA.1014 utilisent des récepteurs extrêmement sensibles;
- g) que ces stations terriennes du service de recherche spatiale sont également utilisées pour les missions de ce service, telles que les missions autour des points de Lagrange et les missions lunaires dans la bande de fréquences 8 450-8 500 MHz;
- h) que les critères de protection applicables aux missions du service de recherche spatiale (espace lointain) sont indiqués respectivement dans la Recommandation UIT-R SA.1157 et la Recommandation UIT-R SA.609 pour la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz et pour la bande 8 450-8 500 MHz;
- i) que les rayonnements non désirés du SETS (active) fonctionnant dans la bande de fréquences 9 300-9 900 MHz risquent de dépasser le critère de protection applicable au service de recherche spatiale (espace lointain) dans la bande 8 400-8 450 MHz;
- j) que la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz est utilisée par presque toutes les missions du service de recherche spatiale (espace lointain) pour leurs opérations courantes et leurs opérations critiques, et la bande de fréquences 8 450-8 500 MHz est utilisée par presque toutes les missions autour des points de Lagrange et les missions lunaires du service de recherche spatiale;
- k) que les opérations critiques du service de recherche spatiale (espace lointain), telles que le lancement, la mise sur orbite, le survol de la planète et les phases d'entrée, de descente et d'atterrissage, y compris le retour d'échantillons, déterminent souvent le succès des missions dans l'espace lointain;
- l) que des brouillages pendant les opérations critiques des missions du service de recherche spatiale (espace lointain) peuvent entraîner la perte de données essentielles, voire compromettre l'intégrité et la sécurité d'un engin spatial;

m) que, pendant les opérations courantes des missions du service de recherche spatiale (espace lointain), les rayonnements non désirés du SETS (active) dépassant le critère de protection du service de recherche spatiale (espace lointain) avec une très faible probabilité peuvent être acceptables;

n) qu'il est possible que les rayonnements non désirés du SETS (active) dépassent les niveaux de saturation et les niveaux de détérioration des récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale indiqués dans l'Annexe 1,

recommande

1 que les systèmes SAR du SETS utilisent les méthodes décrites dans l'Annexe 2 afin de réduire leurs rayonnements non désirés dans la bande de fréquences 8 400-8 500 MHz pour:

- a) éviter à tout moment que les récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale ne soient endommagés;
- b) réduire le risque que les récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale ne soient saturés;
- c) éviter que des brouillages dépassant les critères de protection des stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain) ne soient causés pendant les opérations critiques;

2 que, en dernier recours, s'il n'est pas possible de mettre en œuvre tous les éléments du point **1** du *recommande* moyennant l'application des méthodes décrites dans l'Annexe 2, les opérateurs des systèmes SAR du SETS anticipent les événements de brouillages qui pourraient persister et les atténuent, le cas échéant, en coordonnant leurs opérations avec les opérateurs des missions du service de recherche spatiale au moins sept jours avant toute opération courante des systèmes SAR du SETS et au moins 24 heures avant, pour l'acquisition d'images SAR du SETS dans des situations d'urgence, par exemple dans le cadre de la gestion des catastrophes;

3 que, pour faciliter l'utilisation de certaines techniques d'atténuation des brouillages ainsi que la coordination opérationnelle, les opérateurs des systèmes SAR du SETS et des systèmes du service de recherche spatiale communiquent les caractéristiques orbitales et de télécommunication de leurs opérations respectives, y compris la trajectoire actualisée de leurs missions, le pointage de l'antenne et le calendrier des opérations critiques;

4 que, pour l'application des points **1**, **2** et **3** du *recommande*, les niveaux de détérioration et de saturation indiqués dans le Tableau 1 de l'Annexe 1 soient appliqués;

5 que les points **1**, **2**, **3** et **4** du *recommande* s'appliquent uniquement aux stations terriennes du service de recherche spatiale énumérées dans la Recommandation UIT-R SA.1014.

Annexe 1

Détérioration et saturation de l'étage d'entrée des récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale dans l'espace lointain

Les coordonnées et les caractéristiques des récepteurs du service de recherche spatiale dans l'espace lointain sont indiquées dans la Recommandation UIT-R SA.1014. L'agence spatiale civile des Etats-Unis d'Amérique, l'Administration américaine de l'aéronautique et l'espace (NASA) et l'Agence spatiale européenne (ESA) ont fourni les caractéristiques de saturation et les niveaux de détérioration admissibles applicables aux récepteurs de leurs stations terriennes dans l'espace lointain. Ces niveaux sont résumés ci-après, dans le Tableau A1-1.

TABLEAU A1-1

Niveaux de saturation et de détérioration des récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain)

Paramètre	Unité	NASA	ESA
Bande de fréquences	MHz	8 200-8 700	8 400-8 500
Niveau de saturation	dBW	-115	-117
Niveau de détérioration	dBW	-105	-107

Ces niveaux de saturation et de détérioration sont mesurés directement à la borne d'entrée de l'étage d'entrée du récepteur. Les récepteurs des stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain) de la NASA sont également conçus pour être utilisés avec les radars de la NASA destinés à l'étude du système solaire qui fonctionnent dans la bande 8 500-8 700 MHz attribuée au service de radiolocalisation.

Les stations terriennes du service de recherche spatiale dont il est question dans la Recommandation UIT-R SA.1014 sont également conçues pour être utilisées dans le cadre des missions du service de recherche spatiale, telles que les missions autour des points de Lagrange et les missions lunaires dans la bande 8 450-8 500 MHz. Ces niveaux de détérioration ne devraient être dépassés à aucun moment. Les rayonnements non désirés du SETS (active) devraient être inférieurs au niveau de saturation pendant les opérations critiques des missions du service de recherche spatiale dans l'espace lointain. Les stations terriennes de ce service, qui ne sont pas indiquées dans la Recommandation UIT-R SA.1014, utilisent généralement des technologies différentes aux étages d'entrée RF. En règle générale, elles sont moins facilement saturées ou endommagées par les rayonnements non désirés du SETS (active).

Annexe 2

Techniques d'atténuation des brouillages à utiliser pour réduire les rayonnements non désirés causés au service de recherche spatiale dans les bandes 8 400-8 450 MHz et 8 450-8 500 MHz par les systèmes du SETS (active) fonctionnant au voisinage de 9 600 MHz

La présente Annexe décrit les calculs des niveaux théoriques des rayonnements non désirés des systèmes du SETS (active) fonctionnant au voisinage de 9 600 MHz qui ont été effectués avec les paramètres des systèmes SAR-1, SAR-2 et SAR-3 figurant dans de la Recommandation UIT-R RS.2043. Plusieurs techniques d'atténuation des brouillages visant à réduire les rayonnements non désirés des systèmes du SETS (active) dans la bande 8 400-8 450 MHz, utilisée pour les opérations dans l'espace lointain, et dans la bande 8 450-8 500 MHz, utilisée par le service de recherche spatiale, sont examinées.

1 Protection des liaisons espace vers Terre du service de recherche spatiale

La Recommandation UIT-R SA.1157 fixe le critère de protection applicable aux stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain) à -221 dB (W/Hz) pour la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz, qui est attribuée à ce service. Le calcul des brouillages qui ne sont pas en visibilité directe en raison de la propagation transhorizon devrait être fondé sur les statistiques météorologiques applicables pendant 0,001% du temps. La Recommandation UIT-R SA.1157 donne le critère de protection applicable aux systèmes de réception des systèmes du service de recherche spatiale (espace lointain). La conformité au critère de protection de ces systèmes détermine le succès des missions du service de recherche spatiale (espace lointain). Des brouillages préjudiciables causés pendant les opérations critiques des missions, par exemple la mise sur orbite, le survol de la Terre et les phases d'entrée, de descente et d'atterrissage, pourraient entraîner la perte de l'engin spatial ou de données irremplaçables. Au cours d'autres opérations critiques, telles que des observations scientifiques ponctuelles, il est possible qu'un engin spatial pénétrant dans l'atmosphère d'une planète ou d'une lune, ou ayant percuté une lune, une planète, un astéroïde ou une comète, soit détruit. Les données transmises pendant la phase d'approche, ou avant et pendant l'impact, déterminent le succès des missions. Par conséquent, la protection de l'engin spatial et des stations terriennes du service de recherche spatiale (espace lointain) pendant les opérations critiques des missions, telle qu'elle est préconisée dans la Recommandation UIT-R SA.1157, est essentielle pour le succès des missions du service de recherche spatiale dans l'espace lointain.

En outre, les situations d'urgence pour les engins spatiaux utilisés par des systèmes en espace lointain devraient être considérées comme des opérations critiques.

Par ailleurs, la Recommandation UIT-R SA.609 fixe le critère de protection des stations terriennes du service de recherche spatiale à -216 dB (W/Hz) pour la bande de fréquences 8 450-8 500 MHz, qui est attribuée à ce service. Le calcul des brouillages imputables aux conditions atmosphériques et aux précipitations devrait être fondé sur des statistiques météorologiques pour 0,1% du temps pour les missions effectuées sur des engins spatiaux non habités, telles que les missions autour des points de Lagrange et les missions lunaires.

2 Caractéristiques des systèmes du SETS (active) au voisinage de 9 600 MHz

La bande 9 300-9 900 MHz, qui comprend la bande 9 600 MHz généralement identifiée comme étant attribuée au SETS (active), est utilisée par les systèmes SAR. La Recommandation UIT-R RS.2043 donne les caractéristiques de trois systèmes SAR fonctionnant dans cette bande.

TABLEAU A2-1

Caractéristiques des systèmes SAR-1, SAR-2 et SAR-3

Paramètre	SAR-1	SAR-2	SAR-3
Altitude orbitale (km)	400	619	506
Inclinaison orbitale (degrés)	57	98	98
Fréquence centrale RF (GHz)	9,6	9,6	9,6
Valeur de crête de la puissance rayonnée (W)	1 500	5 000	25 000
Modulation d'impulsion	Modulation linéaire en fréquence (chirp)	Modulation linéaire en fréquence (chirp)	Modulation linéaire en fréquence (chirp)
Largeur de bande du chirp (MHz)	10	400	450
Durée d'impulsion (µs)	33,8	10-80	1-10
Fréquence de répétition des impulsions (pps)	1 736	2 000-4 500	410-515
Rapport cyclique (%)	5,9	2,0-28,0	0,04-0,5
Taux de compression en distance	338	< 12 000	450-4 500
Type d'antenne	Guide d'ondes à fentes	Réseau d'éléments plan	Antenne réseau à commande de phase
Valeur de crête du gain d'antenne (dBi)	44,0	44,0-46,0	39,5-42,5
p.i.r.e. (dBW)	75,8	83,0	83,5-88,5
Orientation de l'antenne par rapport au nadir	De 20° à 55°	34°	De 20° à 44°
Ouverture du faisceau d'antenne	5,5° (El) 0,14° (Az)	1,6-2,3° (El) 0,3° (Az)	1,1-2,3° (El) 1,15° (Az)
Polarisation de l'antenne	Rectiligne verticale	Rectiligne HH ou VV	Rectiligne horizontale/verticale
Température de bruit du système (K)	551	500	600

3 Rayonnements non désirés des systèmes du SETS (active) dans la gamme de fréquences 8 400-8 500 MHz

Les niveaux théoriques des rayonnements non désirés des trois systèmes SAR décrits dans le Tableau A2-1 et exploités dans la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz figurent dans le Tableau A2-2. Par hypothèse, les systèmes SAR à modulation linéaire de fréquence (MFL) présentent un temps de montée de 10 ns et un temps de descente de 10 ns, les ondes ayant une forme trapézoïdale. La durée des impulsions pour les systèmes SAR-2 et SAR-3 est de 10 μ s et de 1 μ s, respectivement. Le gain d'antenne de la station terrienne du service de recherche spatiale (espace lointain) est de 74 dBi.

TABLEAU A2-2

Rayonnements non désirés des systèmes SAR-1, SAR-2 et SAR-3 dans la bande 8 400-8 450 MHz

Paramètre	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Largeur de bande (MHz)	10	400	450
Distance oblique minimale (km)	424	654	536
Affaiblissement dans l'espace (dB)	-164	-167	-166
Valeur de crête du gain d'antenne du récepteur (dBi)	74	74	74
Affaiblissement dû à la polarisation (dB)	-3	-3	-3
Décroissance spectrale (dB)	-109	-86	-78
Densité spectrale de puissance de brouillage des récepteurs (dB(W/Hz))	-196	-185	-174
Critère de protection dans l'espace lointain (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Dépassement du critère de protection (dB)	25	36	47

Le Tableau A2-2 montre que les rayonnements non désirés des systèmes SAR-1, SAR-2 et SAR-3 dépassent de 25 à 47 dB le critère de protection pour l'espace lointain. Les rayonnements non désirés des systèmes SAR sont calculés à partir des valeurs théoriques de décroissance des signaux SAR. Toutefois, les rayonnements non désirés peuvent être de plus forte intensité lorsque les systèmes du SETS (active) comprennent des composantes telles que des amplificateurs de puissance à haut rendement exploités en mode saturation. Les calculs des rayonnements non désirés des systèmes SAR selon les formules figurant dans l'Annexe 8 de la Recommandation UIT-R SM.1541 donnent des valeurs plus importantes pour les émissions utiles, et par conséquent les brouillages causés aux liaisons espace vers Terre (espace lointain) dans la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz sont plus importants. Pour calculer les niveaux d'atténuation nécessaires pour protéger les opérations du service de recherche spatiale (espace lointain) et les récepteurs de ce service contre toute détérioration, il conviendrait d'utiliser les valeurs des rayonnements non désirés des équipements du SETS (active), plutôt que des valeurs théoriques.

Le niveau des rayonnements non désirés dans la bande de fréquences 8 450-8 500 MHz serait encore plus important car l'espacement en fréquence est réduit. Bien que les études montrent qu'il n'y aurait pas de problème de brouillages préjudiciables dans cette bande, les récepteurs des stations terriennes pourraient être saturés ou endommagés en cas d'illumination directe, d'où la nécessité d'appliquer des techniques spécifiques d'atténuation des brouillages dans cette bande.

4 Techniques d'atténuation des brouillages

Plusieurs techniques d'atténuation des brouillages sont décrites dans cette section. Il est possible d'atténuer les éventuels brouillages causés par les rayonnements non désirés des systèmes du SETS (active) moyennant la mise en œuvre de l'une des techniques décrites ou la combinaison de plusieurs de ces techniques. Généralement, les trois premières techniques (modélage des impulsions, pointage des antennes et filtrage) permettent de limiter considérablement les rayonnements non désirés des systèmes du SETS (active).

4.1 Modélage des impulsions

Le modélage des impulsions modifie l'enveloppe des impulsions chirp pour réduire les rayonnements non désirés du radar. Comparé à un système MLF ayant un temps de montée de 10 ns et un temps de descente de 10 ns, le modélage des impulsions utilisant des formes d'ondes trapézoïdales et à cosinus surélevé dont le temps de montée et le temps de descente est de 100 ns peut théoriquement permettre de réduire les rayonnements non désirés des radars MLF d'environ 17 à 26 dB. Le Tableau A2-3 montre que l'utilisation d'une forme d'onde trapézoïdale présentant un temps de montée de 10 ns et un temps de descente de 10 ns peut permettre de réduire le rayonnement non désiré du système SAR-1 et le ramener en-dessous du niveau de protection du service de recherche spatiale (espace lointain), alors que les rayonnements non désirés des systèmes SAR-2 et SAR-3 restent supérieurs au niveau de protection. Avec le modélage des impulsions à cosinus surélevé, les rayonnements non désirés des trois systèmes SAR sont inférieurs au critère de protection. Il convient de noter que les imperfections et les défauts de linéarité des différentes composantes de la chaîne de transmission du SETS (active) augmenteront vraisemblablement les rayonnements non désirés.

TABLEAU A2-3

Rayonnements non désirés du SETS (active) présentant une forme d'onde trapézoïdale dont le temps de montée et de descente est de 100 ns dans la bande 8 400-8 450 MHz

Paramètre	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Largeur de bande (MHz)	10	400	450
Distance oblique minimale (km)	424	654	536
Affaiblissement dans l'espace (dB)	-164	-167	-166
Valeur de crête du gain d'antenne du récepteur (dBi)	74	74	74
Affaiblissement dû à la polarisation (dB)	-3	-3	-3
Décroissance spectrale (dB)	-135	-106	-95
Densité spectrale de puissance de brouillage des récepteurs (dB(W/Hz))	-222	-205	-191
Critère de protection dans l'espace lointain (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Dépassement du critère de protection (dB)	-1	16	30

TABLEAU A2-4

**Rayonnements non désirés du SETS (active) présentant une forme d'onde
à cosinus surélevé dont le temps de montée et de descente est de 100 ns
dans la bande 8 400-8 450 MHz**

Paramètre	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Largeur de bande (MHz)	10	400	450
Distance oblique minimale (km)	424	654	536
Affaiblissement dans l'espace (dB)	-164	-167	-166
Valeur de crête du gain d'antenne du récepteur (dBi)	74	74	74
Affaiblissement dû à la polarisation (dB)	-3	-3	-3
Décroissance spectrale (dB)	-168	-147	-137
Densité spectrale de puissance de brouillage des récepteurs (dB(W/Hz))	-255	-246	-233
Critère de protection dans l'espace lointain (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Dépassement du critère de protection (dB)	-34	-25	-12

4.2 Pointage de l'antenne

Les trois systèmes SAR dont il est question dans le Rapport UIT-R RS.2094 ont des antennes très directives. Par exemple, la valeur de crête du gain d'antenne du système SAR-2 se situe entre 43 et 46 dBi. Le diagramme d'antenne décroît rapidement dans la direction horizontale (ou de l'azimut) jusqu'à -3 dBi. S'il est possible de pointer l'antenne du système SAR-2 en éloignant son faisceau principal des stations terriennes du service de recherche spatiale de sorte que le gain d'antenne soit de -3 dBi vers ces dernières, les rayonnements non désirés du système SAR-2 peuvent être réduits d'une valeur comprise entre 46 et 49 dB. Une technique similaire pourra également être utilisée pour les systèmes SAR-1 et SAR-3.

4.3 Filtrage

Selon la mise en œuvre des systèmes du SETS (active), des filtres d'émission et des guides d'ondes dont la coupure de fréquence sous la bande du SETS (active) est raide peuvent être utilisés pour limiter les rayonnements non désirés des systèmes. Des techniques de filtrage ont été appliquées avec succès aux liaisons espace vers Terre du SETS dans la bande de fréquences 8 025-8 400 MHz afin de réduire leurs rayonnements non désirés de 40 dB, ou plus dans la bande de fréquences 8 400-8 450 MHz.

Les systèmes SAR pourront utiliser des antennes-réseau à commande de phase qui comportent plusieurs centaines de modules d'émission et de réception équipés d'amplificateurs à forte puissance. Un filtrage de sortie devrait être effectué aux étages à forte puissance de ces modules, ce qui augmenterait la complexité du système, son coût et les pertes de qualité de fonctionnement du radar.

Toutefois, si nécessaire, un filtre rejecteur approprié pourra être ajouté dans la chaîne de transmission afin de limiter dans toute la mesure du possible les rayonnements non désirés du système SAR, dans une largeur de bande limitée.

4.4 Choix de l'intervalle de balayage et de la largeur de l'impulsion

La décroissance spectrale du rayonnement non désiré d'un radar MLF est fonction à la fois de l'intervalle de balayage de fréquence et de la largeur de l'impulsion du signal modulé linéairement en fréquence. Le rayonnement non désiré augmente à mesure que l'intervalle de balayage du chirp augmente, et que la largeur de l'impulsion du signal modulé linéairement en fréquence décroît. Un opérateur du SETS (active) peut faire varier l'intervalle de balayage et la durée d'impulsion d'un radar afin de réduire le rayonnement non désiré, en particulier lorsque l'antenne du SETS (active) est dirigée vers un point proche d'une station terrienne du service de recherche spatiale (espace lointain). L'efficacité de ces techniques est limitée. En effet, elles ne permettent de réduire le rayonnement non désiré d'un système du SETS (active) que de quelques décibels.

4.5 Séparation géographique

On peut également réduire les brouillages causés par les systèmes du SETS (active) en mettant en place une séparation géographique. Les systèmes du SETS (active) pourront respecter une distance oblique minimale par rapport à une station terrienne du service de recherche spatiale en utilisant les informations figurant dans la Recommandation UIT-R SA.1014 pour conserver un affaiblissement en espace libre minimal, ce qui se traduit par une zone d'exclusion. A l'extrême, les systèmes du SETS (active) pourraient s'abstenir d'émettre dès lors qu'ils se trouvent en visibilité directe de ces stations terriennes du service de recherche spatiale.
