

RECOMMANDATION UIT-R RA.517-3*

Protection du service de radioastronomie contre les émetteurs fonctionnant dans les bandes adjacentes

(Question UIT-R 145/7)

(1978-1982-1992-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) la valeur des résultats scientifiques obtenus grâce au service de radioastronomie (SRA) explorant l'univers;
- b) la nécessité de conserver exemptes de brouillage des bandes espacées et situées dans tout le spectre radioélectrique, de manière à permettre les mesures de radioastronomie;
- c) les niveaux de brouillage gênant causé au SRA, donnés dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769;
- d) que la Recommandation UIT-R RA.1513 indique les niveaux acceptables de perte de données pour les observations de radioastronomie et les critères de pourcentage de temps découlant des dégradations générées par les brouillages, dans le cas des bandes de fréquences attribuées à titre primaire au SRA;
- e) le désir des usagers, actifs et passifs, du spectre radioélectrique de travailler en harmonie, sans brouillages mutuels, ainsi qu'en témoignent les dispositions du Règlement des radiocommunications (RR);
- f) le fait que dans certains cas, le RR n'assure pas à la radioastronomie la protection qui lui est nécessaire contre les émetteurs fonctionnant dans les bandes de fréquences adjacentes à une bande attribuée audit SRA ce qui est susceptible de causer du brouillage gênant par les rayonnements non désirés provenant de ces émetteurs;
- g) les difficultés actuellement rencontrées par les services de radiocommunication dans la mise au point et l'utilisation d'émetteurs capables de fonctionner dans les bandes de fréquences adjacentes à une bande attribuée au SRA, en assurant à celui-ci une protection suffisante contre les brouillages gênants (voir l'Annexe 1);
- h) la possibilité d'une future augmentation du degré d'utilisation des bandes de fréquences adjacentes aux bandes attribuées au SRA, notamment par des émetteurs aéroportés et des émetteurs de satellite;
- j) l'obligation qui incombe, individuellement ou en collaborant les uns avec les autres, aux services de radiocommunication actifs et passifs de trouver des moyens propres à réduire au minimum les brouillages gênants, en veillant à l'utilisation efficace du spectre radioélectrique,

* NOTE – Les niveaux de brouillages préjudiciables causés au SRA, dont il est question dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769, ne sont pas acceptés par les Administrations arabes car considérés irréalistes, comme confirmé par les Conférences mondiales des radiocommunications précédentes de 1995, 1997 et 2000 traitant de la Recommandation 66.

recommande

- 1 que l'on ait recours, autant que possible, à tous les moyens techniques utilisables en pratique, tels que l'emploi de filtres dans les émetteurs pour limiter les émissions à la bande attribuée, et dans les récepteurs de radioastronomie pour éviter toute sensibilité aux signaux en dehors de la bande attribuée, afin de réduire les brouillages gênants causés au SRA;
- 2 que, quand des fréquences sont assignées à une station d'un service fonctionnant dans une bande adjacente à une bande attribuée à titre primaire au SRA, tous les efforts soient faits pour limiter le bord de la bande nécessaire adjacente à la bande de la radioastronomie, pour que la puissance rayonnée à l'intérieur de cette bande ne cause pas de brouillage gênant à une station de radioastronomie;
- 3 que lorsque les administrations effectueront à l'avenir des assignations de fréquence dans des bandes adjacentes à celles qui sont attribuées au SRA, elles tiennent compte, dans la mesure du possible, des risques particuliers de brouillage causés aux observations de radioastronomie par les liaisons espace-Terre et les émetteurs d'aéronefs, dans les bandes adjacentes;
- 4 que, en tenant compte des § 1, 2 et 3 ci-dessus, les administrations recherchent, individuellement ou en coopérant les unes avec les autres, des solutions pratiques pour limiter le brouillage causé au SRA par les émissions hors bande à une valeur inférieure au niveau de brouillage gênant.

Annexe 1**Brouillages causés au SRA par des émetteurs fonctionnant dans les bandes adjacentes****1 Introduction**

La limite de sensibilité de la plupart des observations de radioastronomie correspond à un niveau de puissance surfacique très inférieure à celle qui est utilisée pour la réception des signaux de radiocommunication. L'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769 traite des critères de brouillage gênant et de protection pour le partage des fréquences entre les SRA et les autres services. Les Tableaux 1, 2 et 3 de cette Annexe donnent les valeurs de ces limites de sensibilité pour plusieurs fréquences. Toutefois, compte tenu de la sensibilité des observations de radioastronomie, des brouillages peuvent être causés à ce service par des émetteurs qui n'utilisent pas la même bande. Ces brouillages peuvent être classés en brouillage à la limite de la bande d'une part, par harmoniques et signaux d'intermodulation d'autre part. (Les brouillages causés au SRA par les rayonnements non essentiels sont traités dans la Recommandation UIT-R RA.611. La protection du SRA contre les rayonnements non désirés produits par des systèmes à modulation numérique à large bande est traitée dans la Recommandation UIT-R RA.1237.)

Le brouillage, causé à un récepteur de radioastronomie par un émetteur fonctionnant dans une bande adjacente, peut être dû à trois facteurs. Premièrement, la sensibilité du récepteur de radioastronomie à des signaux extérieurs à la bande de radioastronomie peut ne pas être assez basse. Cela peut résulter de restrictions pratiques de la diminution du gain du récepteur aux limites de la bande. Deuxièmement, le brouillage peut être dû à des effets de non-linéarité dans le récepteur. En présence de deux signaux intenses ou plus à des fréquences au voisinage de la limite de la bande passante du récepteur, ces effets donnent lieu à des produits d'intermodulation dans la bande de radioastronomie. Troisièmement, des rayonnements non désirés provenant de l'émetteur (bande latérale de modulation, bruit de phase dans les oscillateurs, etc.) peuvent apparaître dans la bande de radioastronomie. Lorsqu'on veut remédier au brouillage à la limite de la bande, le problème

commun aux services d'émission et aux services de réception consiste à fabriquer des filtres capables d'éliminer l'énergie brouilleuse sans introduire de modifications inacceptables, telles qu'affaiblissement ou distorsion de phase, dans les signaux utiles. Les différents cas de brouillage éventuel à la limite de la bande, de 13,36 MHz à 275 GHz, conformément à l'Article 5 du RR, sont énumérés dans le Tableau 1.

2 Brouillages causés par des émissions de satellites

Le SRA peut être fortement brouillée par les émissions de satellites. Les sources de brouillage terrestres se trouvent généralement dans la région des lobes latéraux lointains de l'antenne d'un radiotélescope, et elles peuvent être encore affaiblies par la topographie du site de l'observatoire de radioastronomie, alors que les signaux brouilleurs des émetteurs de satellites seront vraisemblablement captés par le faisceau principal et les lobes latéraux proches qui présentent un gain beaucoup plus élevé. La nature du brouillage dépend du type d'émetteur et du service fourni par le système, que le satellite soit sur une orbite géostationnaire ou non géostationnaire ainsi que du nombre de satellites, dans le système considéré, qui se trouvent au-dessus de l'horizon vu depuis l'observatoire de radioastronomie.

2.1 Satellites géostationnaires

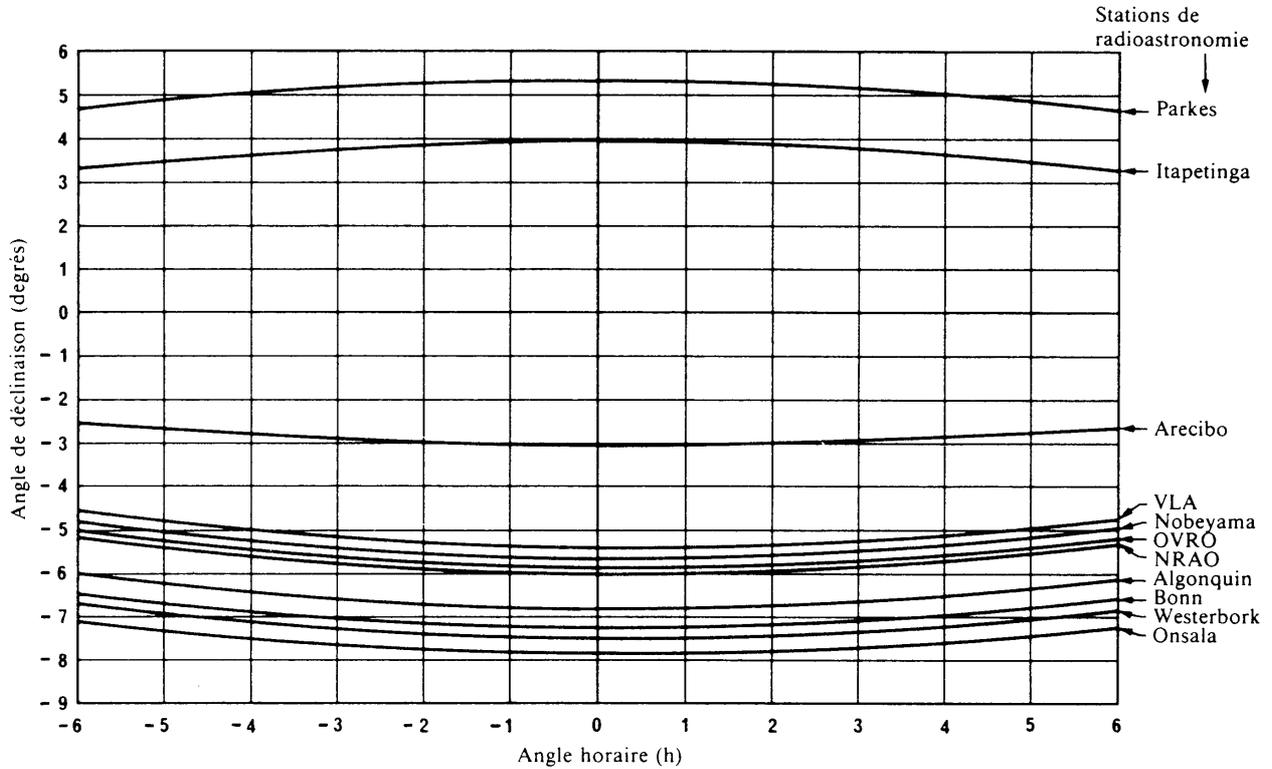
De nombreux satellites géostationnaires sont visibles depuis presque tous les radiotélescopes actuellement en service, et occupent une plage plus ou moins constante d'azimuts et d'élévations. Ils peuvent donc causer des brouillages gênants aux observations de radioastronomie. Le rayon de l'orbite OSG est environ 6,6 fois le rayon de la Terre. A cette distance, un seul satellite peut illuminer en visibilité directe un tiers de la surface de la Terre, et donc de nombreux radiotélescopes. La Fig. 1 montre la position de la ceinture des satellites géostationnaires en coordonnées célestes, telle qu'on la voit depuis les latitudes de certains des grands observatoires de radioastronomie. Les plans de développement de certains services actifs prévoient l'utilisation d'un grand nombre de satellites géostationnaires. Les sources potentielles de brouillage, que pourraient capter les lobes latéraux proches de l'antenne du radiotélescope, pourraient poser un problème spécifique aux radioastronomes.

L'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769 indique les seuils de brouillage gênant causé à la radioastronomie. On trouve dans cette Annexe, pour chaque bande de radioastronomie, le niveau de puissance captée par le récepteur, juste suffisant pour causer un brouillage gênant. Cette Annexe donne aussi les puissances surfaciques ($\text{dB(W/m}^2\text{)}$) qui causent un brouillage gênant, calculées dans l'hypothèse où le gain du radiotélescope est de 0 dBi dans la direction de la source brouilleuse. Un tel gain est à prendre en considération pour les sources brouilleuses de Terre limitées au voisinage de l'horizon. Avec les sources géostationnaires, la situation est différente.

En supposant que l'antenne utilisée par le SRA ait des lobes latéraux de caractéristiques identiques à celles admises dans la Recommandation UIT-R SA.509, le gain des lobes latéraux tombera à 0 dBi à 19° à partir de l'axe du faisceau principal. Pour une telle antenne, le niveau de brouillage gênant sera dépassé si le faisceau principal est orienté selon un angle de 19° par rapport au satellite qui, dans la bande réservée à l'astronomie, produit à l'observatoire de radioastronomie une puissance surfacique égale au seuil de brouillage gênant mentionné dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769. Avec une série de satellites espacés à intervalles de 30° sur l'orbite des satellites géostationnaires et produisant des brouillages de ce niveau, il serait impossible de procéder à des observations radioastronomiques exemptes de brouillages gênants dans une zone de 38° centrée sur l'OSG. La largeur de cette zone augmentera avec le nombre de satellites brouilleurs sur l'orbite et pourrait en principe s'étendre à l'ensemble du ciel. Le nombre effectif de satellites brouilleurs dépendra de la question de savoir si les signaux brouilleurs sont émis par l'antenne d'émission des satellites ou rayonnés d'une manière plus diffuse. Les rayonnements hors

bande qui ne sont pas nettement distincts de la fréquence d'émission du satellite seront sans doute émis par les antennes de la même façon que les signaux désirés.

FIGURE 1
Projection de l'orbite des satellites géostationnaires sur la sphère céleste



2.2 Satellites non OSG

Etant donné qu'ils sont exploités en grand nombre et que plusieurs d'entre eux peuvent donc se trouver simultanément au-dessus de l'horizon vu depuis un observatoire de radioastronomie, et en visibilité directe avec l'antenne d'un radiotélescope, les satellites sur orbite terrestre basse non OSG peuvent causer des brouillages gênants. Ainsi, les nombreux lobes latéraux proches ou lointains et le lobe principal de l'antenne du radiotélescope peuvent capter les rayonnements non désirés provenant de ces satellites sur orbite terrestre basse non OSG visibles. Le problème de brouillage est aggravé par le changement continu de direction des signaux brouilleurs incidents et par la nécessité, pour l'antenne du radiotélescope, de suivre la source céleste en cours d'observation. La réception de signaux intenses peut déplacer le point de fonctionnement du récepteur dans une région non linéaire et générer ainsi des produits d'intermodulation.

L'incidence des rayonnements non désirés produits au niveau des sites de radioastronomie par une constellation de satellites sur orbite non OSG (basse) peut être déterminée à l'aide de la méthode fondée sur le concept de l'epfd, décrite dans la Recommandation UIT-R S.1586 – Calcul des niveaux de rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite au niveau des sites de radioastronomie, ou de la Recommandation UIT-R M.1583 – Calcul des brouillages produits par un système à satellites non géostationnaire du

service mobile par satellite ou du service de radionavigation par satellite au niveau des sites de radioastronomie, ainsi que des gains d'antenne indiqués dans la Recommandation UIT-R RA.1631.

Ces Recommandations peuvent être utilisées pour déterminer le pourcentage de perte de données pendant les observations faites sur un site particulier de radioastronomie, perte due aux brouillages provenant d'un système à satellites donné. Le pourcentage acceptable de perte de données est défini dans la Recommandation UIT-R RA.1513.

TABLEAU 1

**Services dans les bandes adjacentes qui pourraient causer
un brouillage gênant au SRA***

Bande attribuée au SRA à titre primaire	Bandes adjacentes	Services dans les bandes adjacentes ⁽¹⁾
13,36-13,41 MHz	13,26-13,36 MHz 13,410-13,570 MHz	MOBILE AÉRONAUTIQUE (R) Mobile sauf mobile aéronautique (R)
25,55-25,67 MHz	25,210-25,550 MHz 25,67-26,10 MHz	MOBILE sauf mobile aéronautique RADIODIFFUSION
73-74,6 MHz (<i>Région 2</i>)	72-73 et 74,6-74,8 MHz	MOBILE
150,05-153 MHz (<i>Région 1</i>)	148-150,05 MHz 149,9-150,05 MHz 146-149,9 et 153-154 MHz 153-154 MHz	MOBILE PAR SATELLITE (Terre vers espace) RADIONAVIGATION PAR SATELLITE MOBILE sauf mobile aéronautique (R) Auxiliaires de la météorologie
322-328,6 MHz	235-322 MHz 328,6-335,4 MHz	MOBILE, y compris par satellite RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE
406,1-410 MHz	400,15-406 MHz 401-406 et 410-430 MHz 406-406,1 MHz 410-420 MHz	AUXILIAIRES DE LA MÉTÉOROLOGIE Mobile sauf mobile aéronautique MOBILE PAR SATELLITE (Terre vers espace) RECHERCHE SPATIALE (espace-espace)
608-614 MHz (<i>Région 2</i>)	470-608 et 614-890 MHz 614-806 MHz	RADIODIFFUSION Mobile
1 400-1 427 MHz	1 350-1 400 MHz 1 427-1 429 MHz 1 429-1 452 MHz	MOBILE (<i>Région 1</i>) et RADIOLOCALISATION EXPLOITATION SPATIALE (Terre vers espace) et MOBILE sauf mobile aéronautique MOBILE (<i>Régions 2 et 3</i>) sauf mobile aéronautique (<i>Région 1</i>)
1 610,6-1 613,8 MHz	1 559-1 610 MHz 1 559-1 626,5 MHz 1 610-1 660,5 MHz 1 610-1 626,5 MHz 1 613,8-1 626,5 MHz	RADIONAVIGATION PAR SATELLITE (espace vers Terre) (espace-espace) RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE MOBILE PAR SATELLITE (Terre vers espace) RADIOREPÉRAGE PAR SATELLITE (Terre vers espace) (Primaire, Région 2; Secondaire, Région 3) Mobile par satellite (espace vers Terre)
1 660-1 670 MHz	1 610-1 660,5 MHz 1 668,4-1 690 MHz 1 670-1 690 MHz	MOBILE PAR SATELLITE (Terre vers espace) AUXILIAIRES DE LA MÉTÉOROLOGIE MÉTÉOROLOGIE PAR SATELLITE (espace vers Terre)

TABLEAU 1 (suite)

Bande attribuée au SRA à titre primaire	Bandes adjacentes	Services dans les bandes adjacentes ⁽¹⁾
2 690-2 700 MHz	2 670-2 690 MHz 2 500-2 690 MHz 2 700-2 900 MHz 2 700-3 300 MHz	MOBILE PAR SATELLITE (Terre vers espace) FIXE PAR SATELLITE (Régions 2 et 3) et MOBILE sauf mobile aéronautique RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE Radiolocalisation
4 990-5 000 MHz	4 800-4 990 MHz 5 000-5 250 MHz 5 010-5 030 MHz	MOBILE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE RADIONAVIGATION PAR SATELLITE
10,6-10,7 GHz	8,5-10,6 GHz 10,5-10,6 GHz 10,7-11,7 GHz 10,7-12,1 GHz	Radiolocalisation/RADIOLOCALISATION MOBILE FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre dans toutes les Régions; et Terre vers espace en Région 1) MOBILE sauf mobile aéronautique
15,35-15,4 GHz	14,5-15,35 GHz 15,4-15,43 GHz	MOBILE Recherche spatiale RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE
22,21-22,5 GHz	22-22,21 GHz 22,5-23,6 GHz	MOBILE sauf mobile aéronautique MOBILE
23,6-24 GHz	22,5-23,6 GHz 24-24,05 GHz 24,05-24,25 GHz	MOBILE AMATEUR (secondaire jusqu'à 24,25 MHz) AMATEUR PAR SATELLITE
31,3-31,8 GHz	31-31,3 GHz 30-31,3 GHz 31-31,3 GHz 31,8-33,4 GHz 31,8-32,3 GHz	MOBILE Fréquences étalon et signaux horaires par satellite (espace vers Terre) Recherche spatiale RADIONAVIGATION RECHERCHE SPATIALE (espace lointain) (espace vers Terre)
42,5-43,5 GHz	37,5-42,5 GHz 40,5-42,5 GHz 43,5-47 GHz	FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre) RADIODIFFUSION PAR SATELLITE RADIODIFFUSION Mobile MOBILE MOBILE PAR SATELLITE RADIONAVIGATION RADIONAVIGATION PAR SATELLITE
76-77,5 GHz	66-76 GHz 71-76 GHz 74-76 GHz 77,5-78 GHz 77,5-79 GHz	MOBILE FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre) RADIODIFFUSION RADIODIFFUSION PAR SATELLITE Recherche spatiale (espace vers Terre) AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE Recherche spatiale (espace vers Terre)

TABLEAU 1 (*fin*)

Bande attribuée au SRA à titre primaire	Bandes adjacentes	Services dans les bandes adjacentes ⁽¹⁾
79-94 GHz	78-79 GHz 77,5-79 GHz	RADIOLOCALISATION Amateur Amateur par satellite Recherche spatiale (espace vers Terre)
94,1-116 GHz	92-94,1 GHz 94-94,1 GHz 116-122,25 GHz	RADIOLOCALISATION RECHERCHE SPATIALE (active) EXPLORATION DE LA TERRE PAR SATELLITE (actif) INTER-SATELLITES
130-134 GHz	123-130 GHz 134-136 GHz	FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre) MOBILE PAR SATELLITE (espace vers Terre) RADIONAVIGATION RADIONAVIGATION PAR SATELLITE AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE
136-158,5 GHz	134-136 GHz 158,5-164 GHz	AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre) MOBILE MOBILE PAR SATELLITE (espace vers Terre)
164-167 GHz	158,5-164 GHz 167-174,8 GHz 167-182 GHz 167-174,5 GHz	FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre) MOBILE MOBILE PAR SATELLITE (espace vers Terre) MOBILE INTER-SATELLITES FIXE PAR SATELLITE (espace vers Terre)
182-185 GHz	167,5-182 GHz 185-190 GHz	INTER-SATELLITES INTER-SATELLITES
200-231,5 GHz	191,8-200 GHz 231,5-235 GHz	INTER-SATELLITES MOBILE MOBILE PAR SATELLITE RADIONAVIGATION RADIONAVIGATION PAR SATELLITE MOBILE Radiolocalisation
241-248 GHz	238-241 GHz 248-250 GHz	MOBILE RADIOLOCALISATION AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE
250-275 GHz	248-250 GHz	AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE

* Pour que le Tableau soit petit, complet et facile à utiliser, les services fixe et mobile (sauf mobile aéronautique) n'ont pas été inclus. De même, seules les bandes dans lesquelles le SRA a un statut primaire sont prises en considération.

⁽¹⁾ Dans ces attributions, la catégorie des services est conforme aux dispositions du RR.