RECOMMANDATION UIT-R RA.1031-2*, **

Protection du service de radioastronomie dans les bandes de fréquences utilisées en partage avec d'autres services

(Question UIT-R 145/7)

(1994-1995-2007)

Domaine de compétence

La présente Recommandation contient des lignes directrices pratiques pour le cas où une ou plusieurs administrations, lors des négociations qu'elles engagent, établissent des zones de coordination autour des stations de radioastronomie pour protéger le service de radioastronomie contre les brouillages causés par des services de radiocommunication de Terre ou des stations terriennes d'émission utilisées par des services de radiocommunication spatiale partageant des bandes de fréquences avec le service de radioastronomie.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que le service de radioastronomie repose sur la réception d'émissions naturelles avec des niveaux de puissance bien inférieurs à ceux que l'on utilise d'ordinaire dans les autres services radioélectriques et qu'il est donc particulièrement vulnérable aux brouillages préjudiciables émanant d'émetteurs fonctionnant dans des bandes de fréquences utilisées en partage;

b) que les nombreuses bandes de fréquences attribuées au service de radioastronomie sont aussi attribuées à d'autres services émettant dans ces bandes;

c) que la protection contre les brouillages préjudiciables est essentielle pour le développement du service de radioastronomie et que les bandes de fréquences préférées pour la radioastronomie sont indiquées dans la Recommandation UIT-R RA.314;

d) que les seuils de brouillage préjudiciable au service de radioastronomie et les niveaux des critères de perte de données sont indiqués dans la série RA pertinente des Recommandations de l'UIT-R;

e) qu'il peut être nécessaire de tenir compte des caractéristiques détaillées du brouillage et du type particulier de mesure radioastronomique lors de l'établissement des critères de partage;

f) que les emplacements servant à la radioastronomie sont soigneusement choisis et que leurs caractéristiques peuvent fortement influencer les calculs en matière de partage;

g) que le partage des fréquences n'est généralement pas possible pour les émetteurs se trouvant en visibilité directe d'une antenne de radioastronomie,

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 1, 4, 5 et 6 des radiocommunications.

** La Commission d'études 7 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2017 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

recommande

1 aux administrations, qui procèdent à des assignations aux services partageant des bandes de fréquences avec le service de radioastronomie, de prendre toutes les mesures possibles pour éviter de causer des brouillages préjudiciables au service de radioastronomie;

2 de veiller à protéger les emplacements servant à la radioastronomie contre les brouillages préjudiciables causés par des émetteurs utilisés pour les radiocommunications de Terre ou par des stations terriennes d'émission utilisées pour les radiocommunications spatiales dans les bandes utilisées en partage avec le service de radioastronomie avec égalité des droits, par l'établissement de zones de coordination autour des emplacements servant à la radioastronomie;

3 de calculer la zone de coordination en tenant compte de la méthode indiquée dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Considérations relatives à la coordination

1 Généralités

Les emplacements servant à la radioastronomie sont spécialement choisis de telle manière que les brouillages causés par les émetteurs à la surface de la Terre soient réduits au minimum. Ces emplacements sont en général situés à une très grande distance des principales sources fixes de brouillage de Terre et peuvent être protégés par des hauteurs de terrain avoisinantes.

De nombreuses mesures de radioastronomie peuvent tolérer, de la part d'un service utilisé en partage, des niveaux de brouillage qui dépassent les seuils de brouillage préjudiciable pendant 2% du temps de mesure, à condition qu'aucun autre mécanisme de perte de données n'entre en jeu. Toutefois, certaines mesures comme celles qui font intervenir des phénomènes transitoires et celles qui sont liées à des observations simultanées effectuées dans de nombreux emplacements sur la Terre peuvent être fortement perturbées par des brouillages intervenant à des moments inopportuns.

2 Distances de séparation nécessaires pour le partage

Pour que le partage géographique soit efficace, il faut que l'émetteur brouilleur et le récepteur brouillé soient séparés par une distance suffisante afin que le brouillage tombe à un niveau qui n'est pas considéré comme étant préjudiciable. L'Appendice 7 du Règlement des radiocommunications définit un affaiblissement de transmission de référence $L_b(p)$ par la relation:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad (1)$$

où:

$L_b(p)$: affaiblissement de transmission de référence minimal admissible (dB) pendant p% du temps; l'affaiblissement de transmission effectif doit dépasser cette valeur pendant $(100 - p)$% du temps

P_t: puissance transmise (dBW) dans la largeur de bande de référence, la mesure se faisant à l'entrée de l'antenne

G_t: gain (dBi) de l'antenne d'émission dans la direction de l'antenne de radioastronomie

G_r: gain (dBi) de l'antenne de radioastronomie dans la direction de l'émetteur

$P_r(p)$: puissance de brouillage maximale (dBW) admissible dans la largeur de bande de référence, qui ne doit pas être dépassée pendant plus de p% du temps au maximum à l'entrée du récepteur.

Toutefois, pour une observation de radioastronomie, la puissance reçue est intégrée sur une période T, afin d'obtenir une meilleure sensibilité. Le résultat de cette intégration est appelé observation dans les paragraphes qui suivent.

La puissance reçue d'une source de brouillage au cours d'une observation peut être exprimée de la façon suivante:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{P_t(i).G_t(i).G_r(i)}{L_p(i)} \tag{2}$$

où les grandeurs ci-après sont exprimées sous forme linéaire:

$L_p(i)$: affaiblissement de propagation à l'instant i

$P_t(i)$: puissance transmise (W) dans la largeur de bande de l'antenne de radioastronomie, la mesure se faisant à l'entrée de l'antenne à l'instant i

$G_t(i)$: gain de l'antenne d'émission dans la direction de l'antenne de radioastronomie à l'instant i

$G_r(i)$: gain de l'antenne de radioastronomie dans la direction de l'émetteur à l'instant i

N: nombre d'échantillons dans le temps d'intégration T

I: puissance de brouillage (W) dans la largeur de bande de référence à l'entrée du récepteur, dont la moyenne est obtenue pendant la période d'observation T.

En général, le calcul est réalisé pendant une période d'intégration T de 2 000 s. Pendant cette période, certains paramètres peuvent varier. Par exemple, si la commande de puissance est utilisée par l'émetteur ou si l'émetteur n'est pas en activité pendant la totalité de la période d'observation (commande par la voix), P_t peut varier.

Si l'émetteur est une station terrienne qui suit un satellite, la valeur de G_t peut, elle aussi, varier. La station de radioastronomie peut suivre un objet céleste, auquel cas la valeur de G_r peut également varier. Par ailleurs, si certaines conditions atmosphériques comme la présence de pluie, sont observées durant cette période, la valeur de L_p peut aussi varier.

Les observations effectuées pendant un temps d'intégration donné sont considérées comme étant perdues lorsque la puissance de brouillage reçue I, dont la moyenne est établie pendant le temps T, dépasse la valeur indiquée dans la Recommandation UIT-R RA.769.

Il faut alors effectuer les calculs pendant plusieurs périodes afin de vérifier que le pourcentage d'observations perdues est inférieur au critère de 2% indiqué dans la Recommandation UIT-R RA.1513.

2.1 Source de brouillage unique à p.i.r.e. constante avec affaiblissement de propagation constant

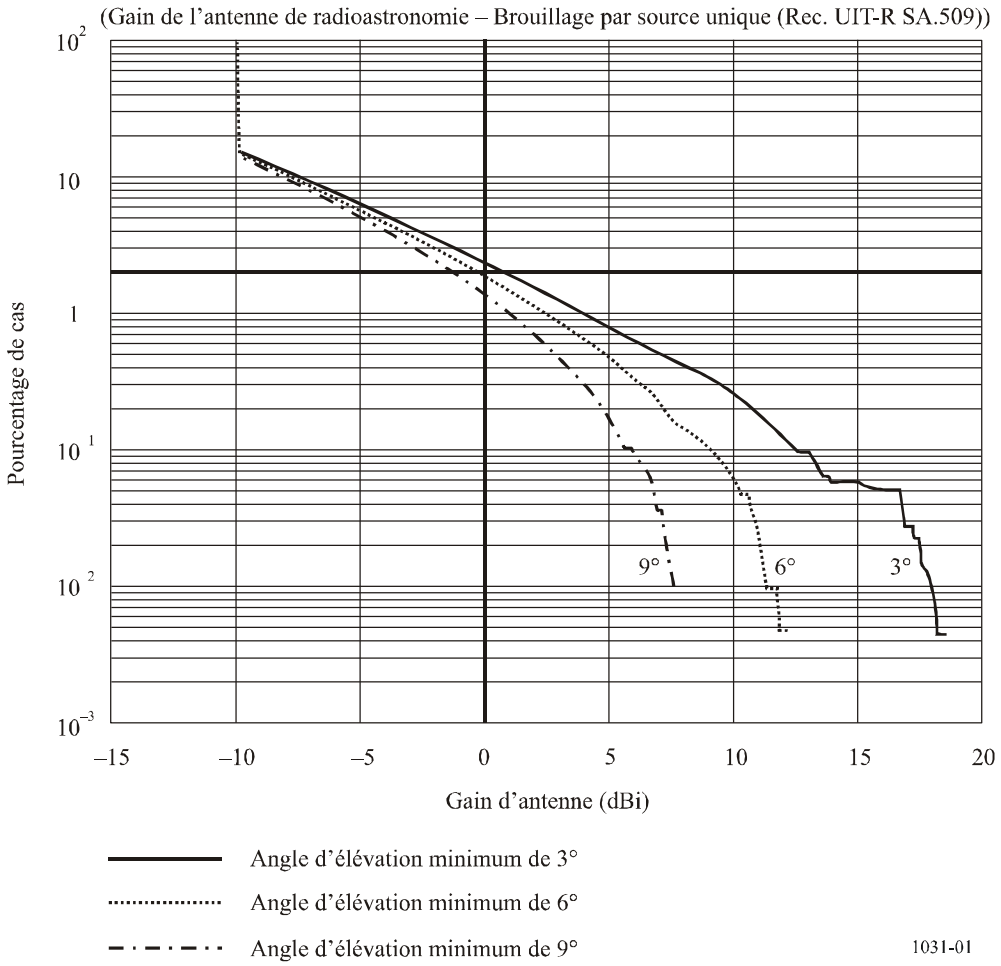
Si la p.i.r.e. de l'émetteur responsable du brouillage est constante (c'est-à-dire que P_t et G_t sont constants), la fréquence est suffisamment basse et l'émetteur est fixe, de sorte que l'on peut considérer que L_p est constant, dans ce cas, la seule variable pendant toutes les observations est G_r. Afin de simplifier le calcul, on considère que l'antenne de radioastronomie est fixe pendant l'observation.

Il est alors possible d'appliquer la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R M.1583 pour obtenir les statistiques du gain d'antenne de la station de radioastronomie.

Les courbes de la Fig. 1 ont été obtenues pour la fréquence de 1,4 GHz à partir du diagramme d'antenne de grandes dimensions indiqué dans la Recommandation UIT-R SA.509 et d'un diamètre d'antenne de 100 m. L'angle d'élévation de l'émetteur vu du radiotélescope est de 0°. Ces courbes ne changent pas lorsqu'on tient compte d'autres bandes de fréquences ou d'autres diamètres d'antenne.

FIGURE 1

Gain de l'antenne de radioastronomie en direction d'un émetteur à un angle d'élévation de 0°



On voit sur cette Figure qu'il est légitime de prendre une valeur de 0 dBi pour le gain d'antenne correspondant à une perte de données de 2%. L'affaiblissement de propagation nécessaire est alors indiqué par l'équation (3):

$$L = EIRP - \Delta P_H \tag{3}$$

où:

EIRP: p.i.r.e. de l'émetteur (dBW)

ΔP_H: niveau indiqué dans la Recommandation UIT-R RA.769 (dBW).

2.2 Autres cas

Pour couvrir d'autres cas comme des affaiblissements de propagation variables, une puissance d'émission variable ou encore un gain d'antenne variable en direction de la station de radioastronomie, il peut être nécessaire d'utiliser des outils de simulation comme la méthode de Monte-Carlo.

3 Partage dans le cas de la visibilité directe

S'agissant d'une source de brouillage émise le long du trajet en visibilité directe dans la même bande que les observations de la station de radioastronomie, L_p a une forme analytique simple et l'équation (3) peut s'écrire comme suit:

$$20 \log (4\pi d) = 20 \log \lambda + EIRP - \Delta P_H \quad (4)$$

où:

d: distance entre l'émetteur et le récepteur (m)

λ: longueur d'onde (m)

ΔP_H: seuil de brouillage défini dans la Recommandation UIT-R RA.769 (dBW).

En radioastronomie, il n'est généralement pas possible de parvenir à un partage satisfaisant avec des services actifs dont les émetteurs sont en visibilité directe de l'antenne de radioastronomie. La Fig. 2 illustre cet aspect. A partir des équations (3) et (4), on a calculé, pour deux distances de séparation, la valeur maximale possible pour la p.i.r.e. sans que le service de radioastronomie subisse de brouillage préjudiciable. La première distance correspond à peu près à celle d'un émetteur de Terre éloigné en visibilité directe, à savoir un émetteur aéroporté situé à l'horizon à une hauteur de 20 km. La seconde distance est celle de l'orbite géostationnaire et représente donc la distance maximale de la plupart des émetteurs installés à bord d'un engin spatial qui n'effectue pas de missions dans l'espace lointain. Les seuils de brouillage préjudiciable indiqués dans le Tableau 1 de la Recommandation UIT-R RA.769 ont été utilisés dans le cas de l'émetteur de Terre. Une protection supplémentaire de 15 dB est souhaitable dans le cas de l'émetteur situé sur l'orbite géostationnaire, afin de permettre des observations à 5° des satellites géostationnaires. Les courbes sont valables dans le cas d'une atmosphère sèche, par temps clair.

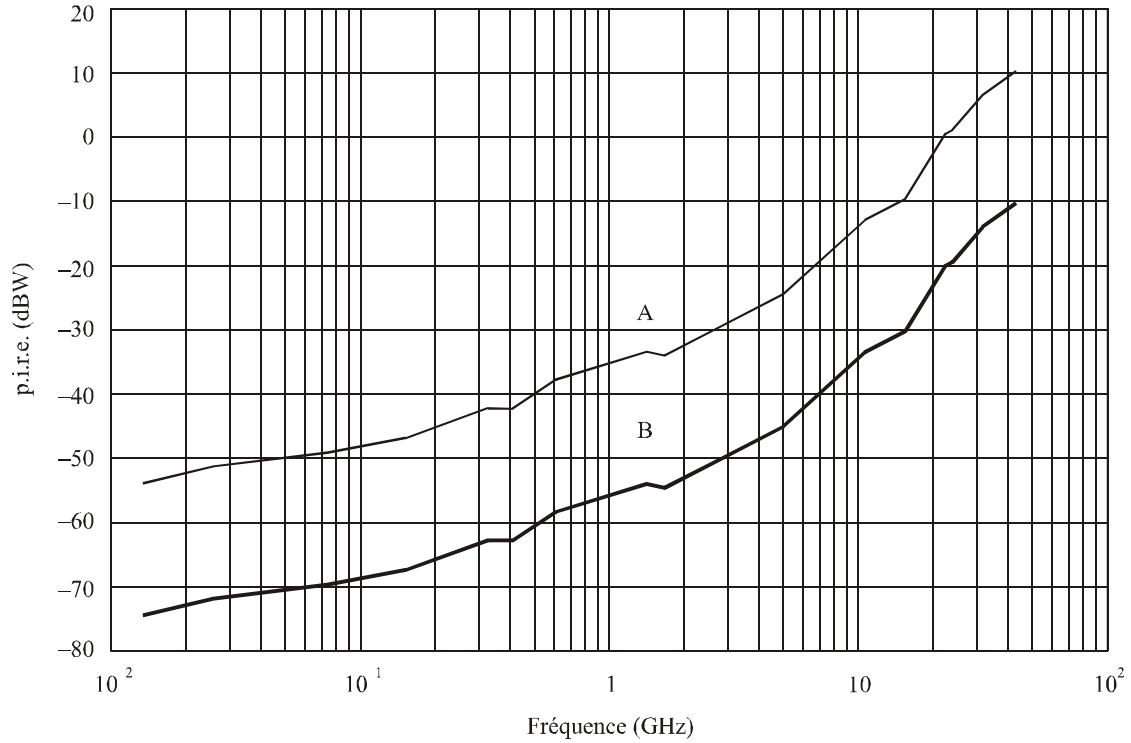
Il ressort clairement de la Fig. 2 que le partage des fréquences avec un émetteur de Terre en visibilité directe d'une antenne de radioastronomie n'est probablement pas possible aux fréquences inférieures à 10 GHz par suite des fortes limitations que le partage imposerait à la p.i.r.e. de l'émetteur. Même pour les fréquences allant jusqu'à 40 GHz, il faut que la puissance de l'émetteur soit de l'ordre de quelques milliwatts, ou que l'antenne de l'émetteur assure une discrimination élevée dans le sens de l'antenne de radioastronomie, afin que le partage soit possible.

4 Partage au-delà de la visibilité directe moyennant l'utilisation des zones de coordination

La création de zones de coordination autour des emplacements servant à la radioastronomie est une méthode qui permet d'éviter les brouillages causés par les émetteurs des stations de Terre et des stations terriennes partageant la même bande au-delà de la visibilité directe.

FIGURE 2

p.i.r.e. en fonction de la fréquence



Note 1 – La p.i.r.e. au-dessus de laquelle le partage n'est pas réalisable entre le service de radioastronomie et les services actifs dont les émetteurs sont situés dans un observatoire de radioastronomie en visibilité directe est indiquée dans les deux cas. Les largeurs de bande de référence pour la p.i.r.e. de l'émetteur et pour le récepteur de radioastronomie sont celles qui sont attribuées au service de radioastronomie. La courbe A donne les résultats obtenus pour un émetteur sur l'orbite géostationnaire et la courbe B les résultats obtenus pour un émetteur de Terre en visibilité directe situé à 600 km.

1031-02

La zone de coordination associée à une station de radioastronomie est, par définition, l'aire dans laquelle la totalité des émissions des émetteurs situés en dehors du périmètre de ladite zone répond aux critères des niveaux de perte de données indiqués dans la Recommandation UIT-R RA.1513.

La taille de la zone de coordination est fonction d'un certain nombre de facteurs. Le type de radiotélescope utilisé (monoparabole ou interférométrie à très grande base (VLBI, *very long baseline interferometry*)) détermine les seuils de brouillage correspondants qu'indique la Recommandation UIT-R RA.769. Le nombre et la répartition des émetteurs à l'extérieur de la zone, la p.i.r.e. des émissions dans la direction de l'emplacement de radioastronomie, la portion de temps pendant laquelle ces émissions sont actives et enfin, les caractéristiques de propagation sont autant d'éléments qui influent sur la densité de puissance brouilleuse dans l'emplacement de radioastronomie. Les caractéristiques de propagation sont liées à des facteurs tels que le profil du terrain, la présence d'arbres et les conditions atmosphériques. Les derniers modèles de propagation disponibles semblables à ceux qui figurent dans les Recommandations UIT-R P.452, UIT-R P.526 et UIT-R P.617 devraient être utilisés.

Compte tenu des divers facteurs en cause, les limites des zones de coordination devraient être fixées pour chaque emplacement de radioastronomie qui nécessite une telle zone. Il faut savoir que la distance de coordination, dans certains cas, peut atteindre 100 km, voire plus. Pour certains petits pays, la zone de coordination nécessaire peut s'étendre au-delà des frontières nationales dans des pays où les attributions de bandes de fréquences peuvent être différentes. Par conséquent, il faudra peut-être prévoir d'appliquer des conditions particulières lorsqu'on déterminera les zones de coordination visant à protéger la radioastronomie dans ces pays.

La zone de coordination décrit, autour d'un observatoire de radioastronomie, un périmètre en dehors duquel les utilisateurs du service actif peuvent émettre librement sans causer de brouillages préjudiciables aux observations de radioastronomie. Pour les utilisateurs situés à l'intérieur de la zone de coordination, il faut trouver les moyens techniques pour éviter de causer des brouillages de ce type.

En principe, on peut aussi créer des zones de coordination pour protéger les emplacements servant à la radioastronomie des émetteurs mobiles. Dans ce cas, l'usager mobile doit pouvoir, d'une façon ou d'une autre, déterminer à quel moment il pénètre dans la zone de coordination et aussi, d'une façon ou d'une autre, ramener la puissance reçue à l'emplacement de radioastronomie à un niveau inférieur au seuil de brouillage préjudiciable.

Pour les émetteurs mobiles aéroportés, la taille des zones doit être sensiblement plus importante que pour les émetteurs basés au sol puisque les conditions de propagation en visibilité directe couvrent des distances plus grandes et augmentent avec l'altitude de l'aéronef.