

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1748
(03/2006)

**Protection du service de radioastronomie
dans la bande 1 400-1 427 MHz contre
les rayonnements non désirés des liaisons
de connexion du service mobile
par satellite susceptibles d'être
exploitées dans les bandes
1 390-1 392 MHz (Terre vers espace)
et 1 430-1 432 MHz (espace vers Terre)**

Série M

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur
y compris les services par satellite associés**



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 M.1748*

Protection du service de radioastronomie dans la bande 1 400-1 427 MHz contre les rayonnements non désirés des liaisons de connexion du service mobile par satellite susceptibles d'être exploitées dans les bandes 1 390-1 392 MHz (Terre vers espace) et 1 430-1 432 MHz (espace vers Terre)

(2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation donne les valeurs d'epfd à respecter pour protéger les stations du service de radioastronomie exploitées dans la bande 1 400-1 427 MHz vis-à-vis des liaisons de connexion du service mobile par satellite (SMS) (espace vers Terre) susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 430-1 432 MHz, ainsi qu'une méthode permettant de déterminer les distances de séparation à prévoir entre les stations de radioastronomie fonctionnant dans la bande 1 330-1 427 MHz et les liaisons de connexion du SMS (Terre vers espace) susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 390-1 392 MHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la CMR-03 a attribué les bandes 1 390-1 392 MHz et 1 430-1 432 MHz provisoirement à titre secondaire au service fixe par satellite (SFS) pour les liaisons de connexion des réseaux à satellite non géostationnaires du service mobile par satellite (SMS) fonctionnant au-dessous de 1 GHz dans le sens Terre vers espace et le sens espace vers Terre, respectivement (voir le numéro 5.339A du Règlement des radiocommunications (RR)) et que les dispositions de la Résolution 745 (CMR-03) s'appliquent;
- b) qu'il est demandé dans la Résolution 745 (CMR-03) qu'il soit procédé à des études, comprenant des mesures des émissions provenant d'équipements susceptibles d'être utilisés dans des systèmes opérationnels, afin de démontrer que les systèmes satisfont à tous les critères de protection des services passifs dans la bande 1 400-1 427 MHz contre les rayonnements non désirés des liaisons de connexion du SFS;
- c) que la bande 1 400-1 427 MHz est attribuée au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive), au service de radioastronomie (RAS) et au service de recherche spatiale (passive) à titre primaire, dans toutes les Régions et que les dispositions du numéro 5.340 du RR s'appliquent à cette bande;
- d) que la bande 1 400-1 427 MHz est largement utilisée par les radioastronomes à l'échelle mondiale pour les observations de la raie spectrale de l'hydrogène neutre ainsi que pour les observations du continuum;
- e) que les seuils de brouillage préjudiciables aux observations de radioastronomie sont donnés dans les Tableaux 1 et 2 de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769;
- f) que la Recommandation UIT-R RA.1513 donne des critères concernant les niveaux recommandés de pertes de données pour les observations de radioastronomie imputable à un réseau

* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 7 et 8 des radiocommunications et les révisions futures éventuelles seront elles aussi faites conjointement.

quelconque et que la liaison montante autant que la liaison descendante associées à un réseau peuvent contribuer à la perte de données pour les observations de radioastronomie dans la bande 1 400-1 427 MHz;

g) qu'il est possible de réduire au minimum les pertes de données imputables à des stations terriennes fonctionnant dans la bande 1 390-1 392 MHz pour les stations de radioastronomie fonctionnant dans la bande 1 400-1 427 MHz en prévoyant des distances de séparation relativement modestes, de l'ordre de 100 km ou moins;

h) que la Recommandation UIT-R RA.1631 décrit le diagramme de rayonnement d'une antenne de radioastronomie à utiliser pour les études de compatibilité faisant intervenir des constellations de satellites, que la Recommandation UIT-R M.1184 donne les caractéristiques techniques des systèmes du service mobile par satellite exploités dans les bandes de fréquences au-dessous de 3 GHz à utiliser pour élaborer les critères de partage entre le SMS et d'autres services et que la Recommandation UIT-R M.1583 décrit la méthode à utiliser pour calculer les brouillages entre les systèmes non géostationnaires du service mobile par satellite et les systèmes du service de radionavigation par satellite d'une part et les sites de radioastronomie d'autre part,

notant

a) que, pour des combinaisons types de débits de données et de techniques de modulation, il est possible de ramener les rayonnements non désirés dans la bande 1 400-1 427 MHz aux niveaux de brouillage préjudiciable pour le service de radioastronomie, donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769, sans utiliser de filtre post-amplificateur particulier, en appliquant les techniques de traitement en bande de base;

b) que, lorsque le traitement en bande de base dont il est question au point a) du *notant* ci-dessus ne suffit pas pour respecter les niveaux requis des rayonnements non désirés, on peut utiliser un filtre post-amplificateur supplémentaire;

c) que la bande 1 330-1 400 MHz qui est utilisée pour observer la raie spectrale de l'hydrogène neutre décalée vers le rouge est également incluse dans le numéro 5.149 du RR,

recommande

1 de faire en sorte que les rayonnements non désirés provenant des liaisons de connexion non OSG du SMS (espace vers Terre) d'un seul et même réseau susceptible d'être exploité dans la bande 1 430-1 432 MHz soient inférieurs à:

- une epfd de -259 dB(W/m²) dans une largeur de bande quelconque de 20 kHz dans la bande 1 400-1 427 MHz pendant plus de 98% des périodes d'intégration de 2 000 s pour les observations des raies spectrales; et
- une epfd de -243 dB(W/m²) dans la totalité de la bande 1 400-1 427 MHz pendant plus de 98% des périodes d'intégration de 2 000 s pour les observations (large bande) du continuum;

2 d'utiliser la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R M.1583 pour calculer une limite de puissance surfacique par satellite à partir des limites d'epfd données pour les réseaux du SMS au point 1 du *recommande* ci-dessus;

3 de faire en sorte que les stations terriennes susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 390-1 392 MHz avec un réseau non OSG du SMS donné soient séparées des stations de radioastronomie qui effectuent des observations dans la bande 1 400-1 427 MHz, afin que la perte totale de données imputable à la liaison montante et à la liaison descendante ne dépasse pas 2%;

4 d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 2 pour calculer, au cas par cas, la distance de séparation entre la station de radioastronomie et la station terrienne de la liaison de connexion du SMS.

Annexe 1

Exemple de calcul de la puissance surfacique par satellite nécessaire pour respecter les limites d'epfd applicables à la protection du service de radioastronomie fonctionnant dans la bande 1 400-1 427 MHz contre les rayonnements non désirés des liaisons de connexion du SMS susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 430-1 432 MHz

1 Méthode

La Recommandation UIT-R S.1586 (ou la Recommandation UIT-R M.1583) donne une méthode permettant d'évaluer les niveaux des rayonnements non désirés produits par un système à satellites non géostationnaire sur un site de radioastronomie. Cette méthode repose sur une division du ciel en cellules de taille quasi identique et sur une analyse statistique dont les variables aléatoires sont la direction de pointage de l'antenne de radioastronomie et l'instant de début d'exploitation de la constellation de satellites. Pour chaque tirage aléatoire la moyenne du niveau des rayonnements non désirés (exprimé sous forme d'epfd) est calculée sur une période de 2 000 s.

Par ailleurs, l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R RA.769 indique les seuils de brouillage préjudiciable au service de radioastronomie et la Recommandation UIT-R RA.1513 fixe à 2% le critère concernant la perte de données maximale admissible pour les observations de radioastronomie, imputable au brouillage d'un seul réseau. Ce critère est défini comme étant le pourcentage des périodes d'intégration de 2 000 s durant lesquelles la valeur moyenne de la densité spectrale de puissance mesurée au niveau du radiotélescope est supérieure aux niveaux définis de la Recommandation UIT-R RA.769.

La présente étude a pour objet de déterminer le niveau de puissance surfacique maximal applicable aux rayonnements non désirés des liaisons de connexion des systèmes non OSG du SMS exploitées dans la bande 1 430-1 432 MHz pour que soient respectés les critères concernant la protection des observations de radioastronomie dans la bande 1 400-1 427 MHz, tels qu'ils sont indiqués dans les Recommandations UIT-R RA.769 et UIT-R RA.1513. Pour ce faire, on utilise la méthode de la Recommandation UIT-R S.1586 qui est conçue pour tenir compte de la nature non géostationnaire de ces systèmes lors de l'évaluation des niveaux des rayonnements non désirés de ces systèmes sur les sites des radiotélescopes.

2 Caractéristiques du système du SMS

Les caractéristiques du système du SMS sont résumées dans le Tableau 1. On suppose que les satellites sont dotés d'une antenne isoflux capable de rayonner une puissance surfacique constante sur le sol.

TABLEAU 1
Caractéristiques du système du SMS

Altitude de l'orbite	1 000 km
Inclinaison de l'orbite	50° (et 83° pour la couverture des pôles)
Nombre de plans	6 (+ un pour la couverture des pôles)
Nombre de satellites par plan	4

3 Caractéristiques de la station de radioastronomie et critères de protection

Pour les besoins de la présente analyse, on a choisi le radiotélescope sur le site d'Effelsberg en Allemagne. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes: latitude N 50,7°, longitude E 7,0°.

Le diagramme d'antenne et la valeur crête du gain mesurés dans l'axe de pointage sont donnés dans la Recommandation UIT-R RA.1631.

TABLEAU 2
Niveaux de puissance surfacique préjudiciables
pour le service de radioastronomie

Bande de fréquences (MHz)	Niveau de brouillage (dB(W/m ²))	Largeur de bande de référence (MHz)	Type d'observation
1 330-1 400	-196 ⁽¹⁾	0,02	Raie spectrale
1 400-1 427	-180	27	Continuum
1 400-1 427	-196	0,02	Raie spectrale

⁽¹⁾ Aucun seuil préjudiciable n'est donné dans la Recommandation UIT-R RA.769 pour la bande 1 330-1 400 MHz (voir le numéro 5.149 du RR). Le critère de protection indiqué ci-dessus pour cette bande a été calculé à partir de celui qui a été utilisé pour la bande 1 400-1 427 MHz dans le cas d'observations des raies spectrales.

Les simulations ont été réalisées pour des angles d'élévation minimum du télescope de 0° et 3°. En terme de puissance surfacique équivalente (epfd), le seuil de puissance surfacique préjudiciable correspond à:

$$epfd_{lim} = pfd_{lim} - G_{max}$$

TABLEAU 3
Niveaux d'epfd préjudiciables pour le service de radioastronomie

Bande de fréquences (MHz)	Niveau de brouillage dû à l'epfd (dB(W/m ²))	Largeur de bande de référence (MHz)	Type d'observation
1 330-1 400	-259	0,02	Raie spectrale
1 400-1 427	-243	27	Continuum
1 400-1 427	-259	0,02	Raie spectrale

4 Détermination de la puissance surfacique maximale par satellite requise pour assurer la protection du service de radioastronomie

4.1 Procédure

On utilise la méthode suivante (voir la Recommandation UIT-R S.1586):

Etape 1: Sélectionner une valeur de puissance surfacique par satellite. Dans une première approximation (scénario du cas le plus défavorable) on peut considérer que cette valeur est constante pour tous les angles d'élévation.

Dans l'exemple particulier considéré, on suppose que le satellite est doté d'une antenne isoflux.

Etape 2: Sélectionner une station de radioastronomie.

Etape 3: Diviser le ciel en 2 334 cellules rectangulaires d'environ 9° carré d'angle solide (voir le Tableau 1 de l'Annexe 3 de la Recommandation UIT-R S.1586).

Etape 4: Pour chaque cellule t que la station de radioastronomie peut observer (compte tenu de l'angle d'élévation minimal θ_{min} auquel la station de radioastronomie peut réaliser des observations dans la bande de fréquences, telle qu'elle est définie dans l'Appendice 4 du RR), pointer le radiotélescope dans une direction choisie arbitrairement à l'intérieur de la cellule et commencer les transmissions du satellite en un moment dans le temps choisi arbitrairement. L'epfd est ensuite évaluée pour chaque échantillon de temps sur une période d'intégration de 2 000 s, par pas de 1 s. L'epfd moyenne correspondant à ce tirage est ensuite calculée.

Etape 5: Si le niveau d'epfd dont la moyenne a été établie sur l'intervalle d'intégration de 2 000 s du tirage dépasse le seuil de brouillage, cette observation particulière pendant 2 000 s est considérée comme affectée.

Etape 6: Répéter les Etapes 4 et 5 pour obtenir un nombre représentatif de tirages (on a constaté que 100 tirages suffisaient d'un point de vue statistique).

Etape 7: Déterminer le pourcentage de périodes d'intégration de 2 000 s affectées sur l'ensemble du ciel accessible au radiotélescope (voir l'Etape 4).

Etape 8: Changer le niveau de puissance surfacique du système non OSG du SMS jusqu'à ce que le pourcentage soit inférieur à 2%.

4.2 Résultats

La simulation aboutit aux limites de puissance surfacique requises par satellite du SMS qui sont données dans le Tableau 4.

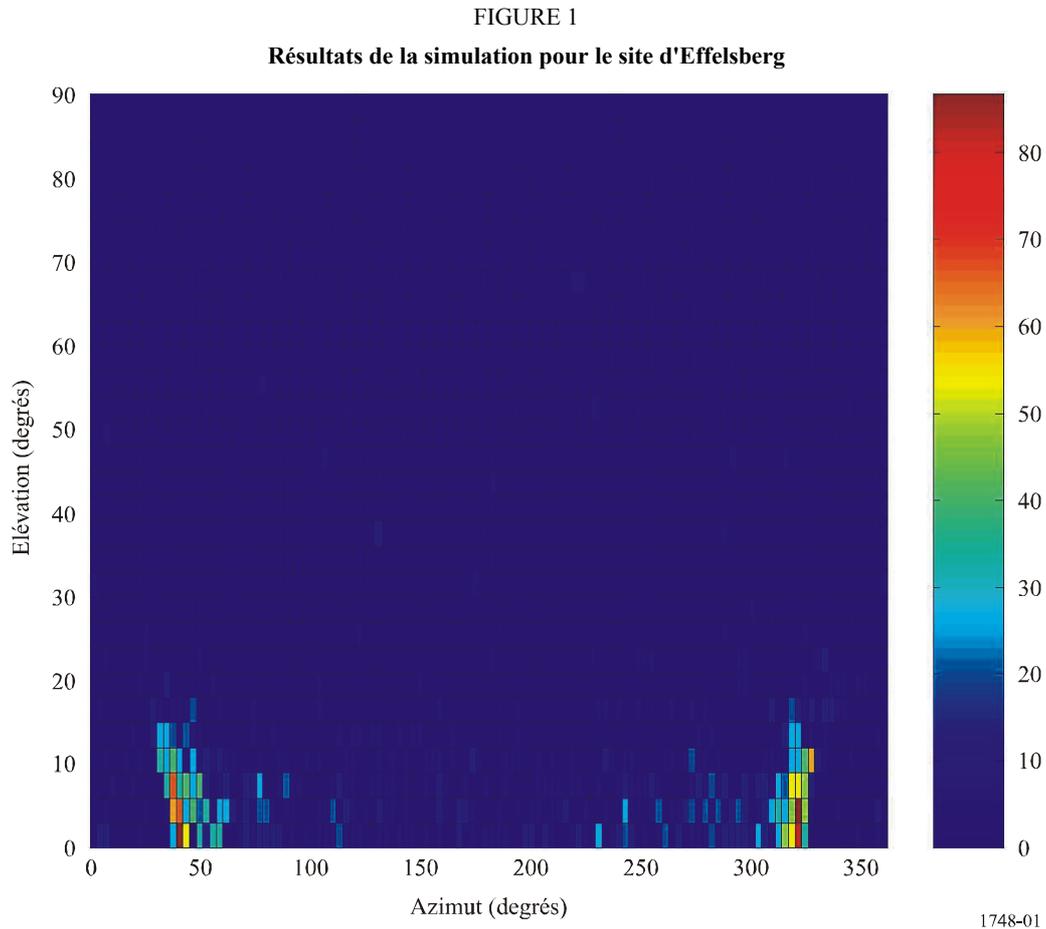
TABLEAU 4

Niveaux de puissance surfacique maximaux par satellite du SMS pour protéger une station de radioastronomie

Bande et type d'observation (MHz)	Limite de puissance surfacique par satellite (dB(W/m ²))	Largeur de bande de référence (MHz)
1 330-1 400 (raie spectrale)	-201	0,02
1 400-1 427 (continuum)	-185	27
1 400-1 427 (raie spectrale)	-201	0,02

Le volume total de perte de données est de 2,07% pour un angle d'élévation minimal de 0° et de 1,65% pour un angle d'élévation minimal de 3°.

La Fig. 1 montre, pour le site de radioastronomie d'Effelsberg et pour chaque cellule sur l'ensemble du ciel, le pourcentage d'observations pendant lesquelles le critère d'epfd a été dépassé. Le nombre total de tirages par cellule est de 100. L'échelle d'intensité représente le nombre de tirages pour lesquels le critère d'epfd a été dépassé.



5 Conclusions

L'étude montre qu'une limite de puissance surfacique de $-185 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ (pour les observations du continuum) par satellite du SMS dans la totalité de la bande 1 400-1 427 MHz et de $-201 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ (pour les observations des raies spectrales) par satellite du SMS dans une largeur de bande quelconque de 20 kHz dans la bande 1 400-1 427 MHz sont suffisantes pour protéger le système considéré du service de radioastronomie.

La limite de puissance surfacique pour les raies spectrales s'applique également à la bande 1 330-1 400 MHz.

Annexe 2

Distance de séparation entre les stations de radioastronomie fonctionnant dans la bande 1 400-1 427 MHz et les stations terriennes de liaison de connexion du SMS susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 390-1 392 MHz

1 Introduction

La présente Annexe a pour objet de déterminer la distance de séparation entre une station de radioastronomie susceptible d'être exploitée dans la bande 1 400-1 427 MHz et une station terrienne de liaison de connexion du SMS fonctionnant dans la bande 1 390-1 392 MHz, afin d'éviter que la station de radioastronomie ne subisse de brouillage préjudiciable.

La Recommandation UIT-R RA.1513 traite des niveaux maximum de pertes de données et des critères de pourcentage de temps acceptables pour les observations de radioastronomie qui sont essentiels pour les études de partage. Les seuils de brouillage préjudiciable pour les observations de radioastronomie sont donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769.

2 Méthode

Pour la radioastronomie, la puissance reçue est intégrée sur une période de temps pour parvenir à une meilleure sensibilité. Le résultat de cette intégration est appelé observation dans les paragraphes suivants.

La puissance rayonnée par un système brouilleur pendant une observation peut être exprimée comme suit:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_t(i) \cdot G_t(i) \cdot G_r(i)}{L_b(i)} \quad (1)$$

où:

- $L_b(i)$: affaiblissement de propagation à l'instant i
- $P_t(i)$: niveau de puissance à l'émission dans la largeur de bande de la station de radioastronomie mesuré à la borne de l'antenne à l'instant i (W)
- $G_t(i)$: gain de l'antenne d'émission en direction de l'antenne de radioastronomie à l'instant i
- $G_r(i)$: gain de l'antenne de radioastronomie en direction de l'émetteur à l'instant i
- N : nombre d'échantillons
- I : puissance brouilleuse dans la largeur de bande de référence, mesurée à l'entrée du récepteur et dont la moyenne a été établie sur la période d'observation T (W).

Habituellement (et compte tenu des seuils préjudiciables donnés dans la Recommandation UIT-R RA.769), le calcul s'effectue sur une période d'intégration T de 2 000 s. Pendant cette période de temps, certains des paramètres peuvent varier. Pour l'application considérée, P_t est prise comme étant constante. Etant donné que l'émetteur est une station terrienne qui suit un satellite ou une constellation de satellites, G_t varie pendant le temps d'intégration et aussi d'une observation à une autre. On suppose donc que les propriétés de l'antenne de radioastronomie sont fixes pendant l'intervalle d'intégration (par exemple, G_r ne varie pas pendant la période de 2 000 s), mais que la direction de pointage de l'antenne de radioastronomie varie d'une observation à une autre.

Les observations réalisées sur un temps d'intégration donné sont considérées comme perdues lorsque la puissance de brouillage reçue I , dont une moyenne a été établie sur la période T , dépasse la valeur seuil donnée dans la Recommandation UIT-R RA.769.

Par conséquent,

$$L_b = \frac{P_t}{\Delta P_H} \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G_t(i) \cdot G_r(i) \quad (2)$$

où:

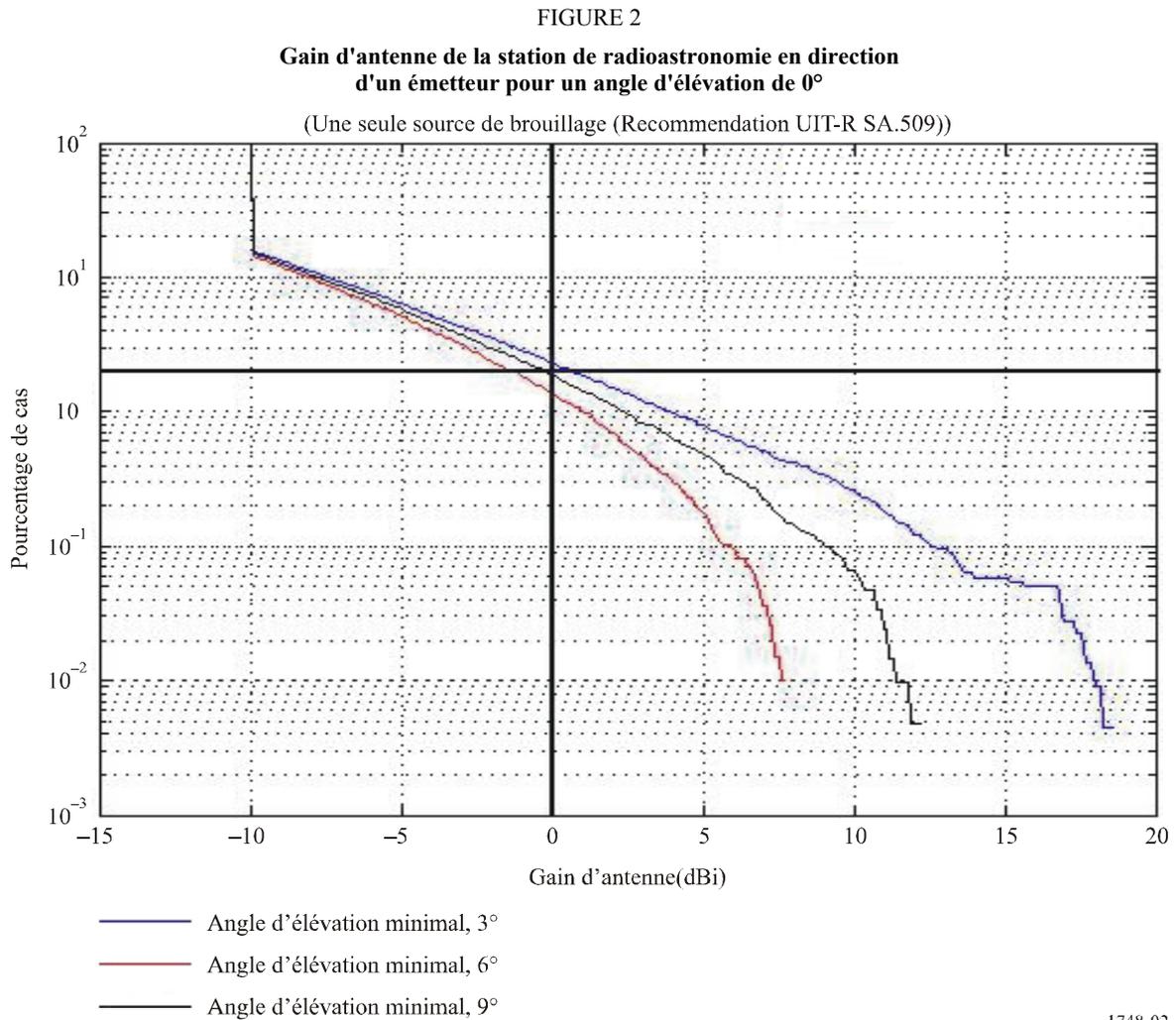
- P_t : niveau de puissance à l'émission dans la largeur de bande de la station de radioastronomie, mesuré à la borne de l'antenne (affaiblissement d'alimentation compris) (W)
- $G_t(i)$: gain de l'antenne d'émission dans la direction de l'antenne de radioastronomie, à l'instant i
- $G_r(i)$: gain de l'antenne de radioastronomie dans la direction de l'émetteur, à l'instant i
- N : nombre d'échantillons
- ΔP_H : seuil de puissance brouilleuse donné dans la Recommandation UIT-R RA.769 (W).

Il est nécessaire d'effectuer le calcul sur plusieurs périodes de temps pour vérifier que le pourcentage d'observations perdues est inférieur au critère de 2% donné dans la Recommandation UIT-R RA.1513.

3 Gain de l'antenne de la station de radioastronomie en direction de la station terrienne de liaison de connexion du SMS

Il est possible d'appliquer la méthode décrite dans le § 1 de l'Annexe 3 de la Recommandation UIT-R M.1583 pour obtenir des statistiques sur le gain de l'antenne de la station de radioastronomie. Le ciel est divisé en 2 334 cellules d'environ 9° carré d'angle solide. Pour chaque cellule, il est possible de choisir de façon aléatoire une direction de pointage de l'antenne du radiotélescope et, à partir de cet élément et du diagramme d'antenne, de calculer le gain d'antenne dans la direction d'une station terrienne vue sous un angle d'élévation de 0°.

Les courbes de la Fig. 2 correspondent à une fréquence de 1,4 GHz pour le diagramme d'antenne de la Recommandation UIT-R SA.509 et un diamètre d'antenne de 100 m. L'angle d'élévation de l'émetteur vu depuis le radiotélescope a été pris égal à 0°. Ces courbes ne varient pas pour d'autres bandes de fréquences ou d'autres diamètres d'antenne car le diagramme d'antenne décrit dans la Recommandation UIT-R SA.509 ne dépend pas de la fréquence ou du gain d'antenne maximum.

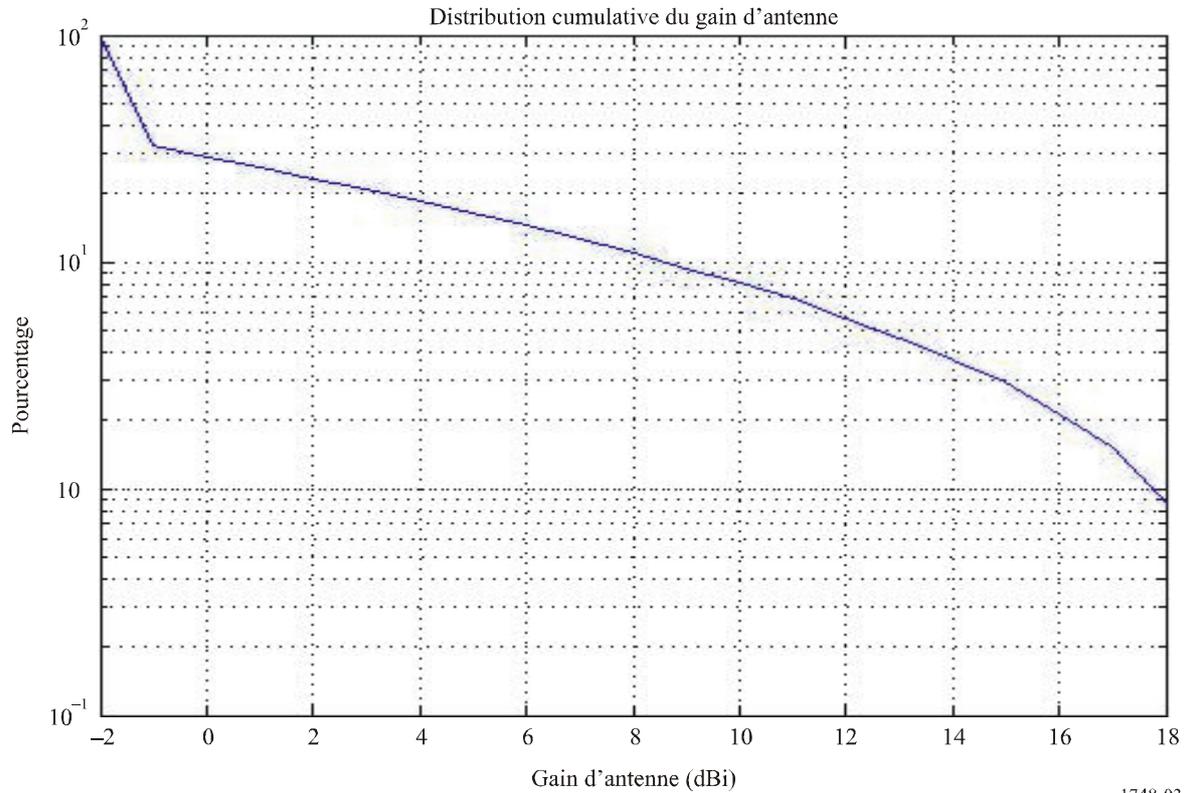


4 Gain d'antenne de station terrienne de liaison de connexion du SMS en direction de la station de radioastronomie

La courbe de distribution cumulative du gain d'antenne (Fig. 3) a été obtenue pour une station terrienne de liaison de connexion du SMS poursuivant une constellation de 24 satellites à une altitude de 1 000 km, avec un diagramme d'antenne conforme à celui décrit dans l'Annexe III de l'Appendice 8 du RR et un gain d'antenne maximum de 30 dBi.

FIGURE 3

Gain d'antenne de la station terrienne de liaison de connexion du SMS en direction d'une station de radioastronomie pour un angle d'élévation de 0°

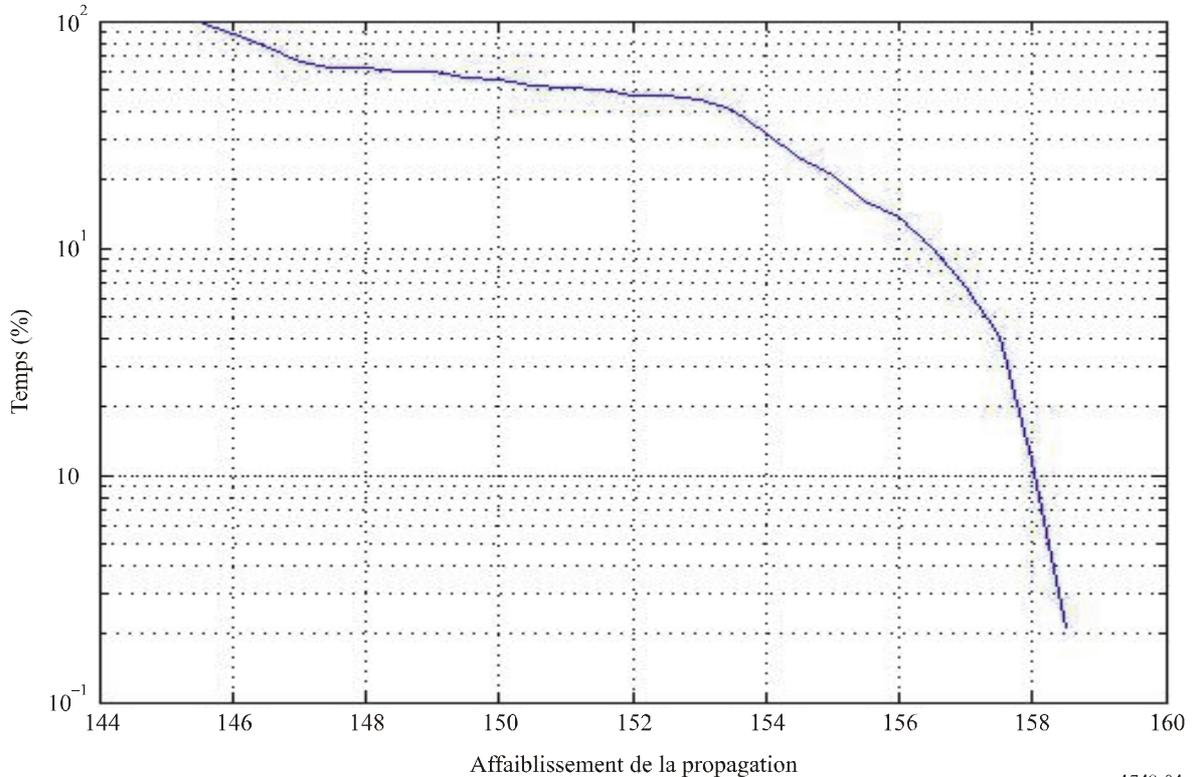


5 Calcul des affaiblissements de propagation avec la méthode de Monte-Carlo

Une simulation de Monte-Carlo tenant compte de la variation du gain d'antenne de l'émetteur pendant la période de 2 000 s, pour une puissance d'émission de -60 dBW dans la bande 1 400-1 427 MHz et un seuil de protection du service de radioastronomie de -205 dBW, conduit à la courbe de la fonction de distribution cumulative pour l'affaiblissement de propagation illustré sur la Fig. 4.

FIGURE 4

Affaiblissement de propagation requis pour la protection des stations de radioastronomie vis-à-vis des émissions des stations terriennes de liaison de connexion du SMS exploitées dans des bandes de fréquences voisines pour un angle d'élévation minimal du télescope de 0°



La perte de données de 2% que subit une station de radioastronomie en raison du brouillage du système du SMS doit être ventilée entre la liaison montante et la liaison descendante. A titre d'exemple, si la station de radioastronomie ne subit aucune perte de données imputable à la liaison descendante, l'affaiblissement de propagation correspondant pour la liaison montante (dont la moyenne a été établie sur une période de 2 000 s) devrait être de 157,9 dB. Si la perte de données imputable à la liaison descendante est de 1,8%, alors l'affaiblissement de propagation correspondant à une perte de données de 0,2% imputable à la liaison montante devrait être de 158,5 dB, soit seulement 0,6 dB de plus.

Le même affaiblissement de propagation peut être calculé facilement à partir de cette valeur pour d'autres valeurs de puissance à l'émission ou pour d'autres seuils préjudiciables, en utilisant l'équation suivante:

$$L_2 = L_1 + (P_{t2} - P_{t1}) - (P_{r2} - P_{r1})$$

Le Tableau 5 ci-dessous, donne les valeurs obtenues pour différentes puissances d'émission de la station terrienne de liaison de connexion du SMS ainsi que différents types d'observation de radioastronomie et différentes bandes.

TABLEAU 5

Affaiblissement de propagation requis pour atteindre le seuil préjudiciable

Type d'observation	Bande de fréquences (MHz)	Largeur de bande	P_t (dBW)	P_r (dBW)	L_b (dB)	Observation
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-60	-205	158	Hypothèse pour le calcul ci-dessus
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-63	-205	155	Nouvelle limite de puissance pour protéger le SETS
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-107,5	-205	111	Puissance d'émission brouilleuse effective d'un système du SMS
Raie spectrale	1 400-1 427	20 kHz	-94	-220	139	Dans l'hypothèse d'un spectre plat dans la bande passive
Raie spectrale	1 400-1 427	20 kHz	-127	-220	106	Puissance d'émission brouilleuse effective d'un système du SMS
Raie spectrale	1 330-1 400	20 kHz	3	-220	236	Puissance d'émission de la station terrienne du SMS dans une largeur de bande de 20 kHz

Il convient de noter que si l'on tient compte d'un pourcentage de perte de données de 0,2% et non de 2%, les pertes dues à l'affaiblissement seront de 0,6 dB supérieures à celles indiquées dans le Tableau 5.

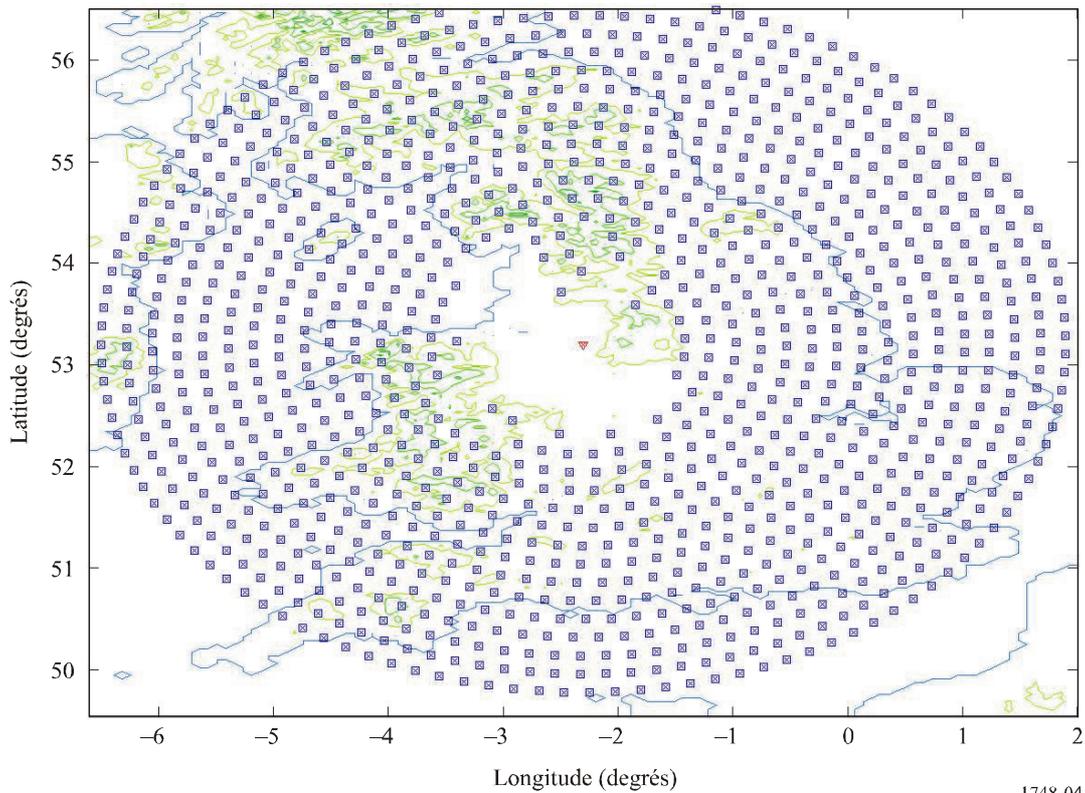
6 Calcul de la distance de protection contre l'affaiblissement de propagation

La distance de protection effective ou le rayon de la zone de protection dépend du site de radioastronomie et de la zone environnante (y compris le relief, la végétation et les bâtiments). La Fig. 5 ci-après illustre une application de la Recommandation UIT-R P.452 au site de radioastronomie de Jodrell Bank au Royaume-Uni (à titre d'exemple) et montre qu'il est facile de mettre en place une telle zone de protection.

Plusieurs emplacements de stations terriennes de liaison de connexion du SMS ont été retenus autour de la station de radioastronomie de Jodrell Bank, en cercles concentriques. Pour chaque emplacement, l'affaiblissement de propagation a été calculé selon la Recommandation UIT-R P.452. Les carrés correspondent aux emplacements où cet affaiblissement est supérieur à 158 dB.

FIGURE 5

**Emplacements où l'affaiblissement de propagation de 158 dB
est dépassé autour du site de Jodrell Bank**



Le Tableau 6 donne les distances de séparation calculées pour le site de Jodrell Bank, selon la Recommandation UIT-R P.452, à partir des affaiblissements de propagation donnés dans le Tableau 5.

TABLEAU 6

Distance de séparation minimale approximative

Type d'observation	Bande de fréquences (MHz)	Largeur de bande	P_f (dBW)	Distance (km)
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-60	120
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-63	100
Continuum	1 400-1 427	27 MHz	-107,5	7
Raie spectrale	1 400-1 427	20 kHz	-94	50
Raie spectrale	1 400-1 427	20 kHz	-127	4,5
Raie spectrale	1 330-1 400	20 kHz	3	> 600

Ce calcul montre que, dans l'hypothèse d'une limite de puissance brouilleuse à l'émission de -63 dBW rayonnée dans la bande 1 400-1 427 MHz par des stations terriennes de liaison de connexion du SMS susceptibles d'être exploitées dans la bande 1 390-1 392 MHz (imposée pour assurer la protection du SETS), il faudrait prévoir une distance de séparation d'environ 100 km de rayon. Une telle distance de séparation est réalisable.

Toutefois, pour un système du SMS concret, on a montré que la distance de séparation minimale peut être ramenée à moins de 10 km. Il faut donc calculer la distance de séparation minimale, au cas par cas, autour de toutes les stations de radioastronomie qui effectuent des observations dans la bande 1 400-1 427 MHz, compte tenu des paramètres du système de liaison de connexion du SMS concret (Terre vers espace).

Pour protéger les stations de radioastronomie qui effectuent des observations dans la bande 1 330-1 400 MHz, il faudrait prévoir une distance de séparation de plus de 600 km de rayon, ce qui risque d'empêcher le déploiement de stations terriennes de liaison de connexion du SMS dans des zones très étendues autour de ces stations de radioastronomie.
