

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1640-1
(01/2018)

Caractéristiques et critères de protection s'appliquant aux études de partage des radars du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz

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, 2018

© UIT 2018

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.1640-1

Caractéristiques et critères de protection s'appliquant aux études de partage des radars du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz

(Questions UIT-R 213/7 et UIT-R 226/8)

(2003-2018)

Domaine d'application

Cette Recommandation spécifie les caractéristiques techniques et les critères de protection des systèmes de radiorepérage fonctionnant dans la bande 33,4-36 GHz. Le texte a été élaboré comme un document ressource qui sera utile dans les études relatives aux possibilités de partage entre le service de radiorepérage et d'autres services.

Mots clés

Caractéristiques, critères de protection, radar, imageur radiométrique, radar métrique, autodirecteur, radar de recherche, radar de poursuite

Abréviations/Glossaire

- FI: fréquence intermédiaire
RF: fréquence radioélectrique (*radio frequency*)
RR: Règlement des radiocommunications
Rx: réception (*receive*)
Tx: émission (*transmit*)

Recommandations et Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R M.1461 – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage et les systèmes d'autres services.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les caractéristiques d'antenne, de propagation du signal, de détection des cibles et de grande largeur de bande nécessaire propres aux radars pour remplir leur fonction sont optimales dans certaines bandes de fréquences;
- b) que les caractéristiques techniques des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage sont déterminées par les objectifs du système et varient grandement, même à l'intérieur d'une bande;
- c) que des caractéristiques techniques et d'exploitation représentatives des radars sont nécessaires pour déterminer la possibilité d'introduire dans les bandes de fréquences de nouveaux types de systèmes;
- d) que des procédures et des méthodologies permettant d'analyser la compatibilité des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage avec d'autres systèmes dans d'autres services sont exposées dans la Recommandation UIT-R M.1461;
- e) que les radars de radiorepérage fonctionnent dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz;

- f) que la bande de fréquences 33,4-34,2 GHz est attribuée à titre primaire au service de radiolocalisation;
- g) que la bande de fréquences 34,2-34,7 GHz est attribuée à titre primaire aux services de radiolocalisation et de recherche spatiale (espace lointain) (Terre vers espace);
- h) que la bande de fréquences 34,7-35,2 GHz est attribuée à titre primaire au service de radiolocalisation et à titre secondaire au service de recherche spatiale;
- i) que la bande de fréquences 35,2-35,5 GHz est attribuée à titre primaire au service des auxiliaires de la météorologie et de radiolocalisation;
- j) que la bande de fréquences 35,5-36 GHz est attribuée à titre primaire au service des auxiliaires de la météorologie, d'exploration de la Terre par satellite (active), de radiolocalisation et de recherche spatiale (active),

recommande

- 1** que les caractéristiques techniques et d'exploitation des radars de radiorepérage présentées dans l'Annexe 1 soient considérées comme représentatives des systèmes fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz;
- 2** que, en cas de brouillage continu (et non par impulsions), un rapport entre la puissance du signal brouilleur et la puissance de bruit du récepteur du radar, I/N , de -6 dB soit utilisé d'une manière générale comme niveau de protection requis pour les systèmes de radiolocalisation dans le cadre des études de partage, y compris pour le radar de recherche et de poursuite (F) du Tableau 1 de l'Annexe 1 dans la gamme de fréquences 33,4-36 GHz;
- 3** que, pour les études de partage de la bande 33,4-36 GHz entre les radars (A-E) du Tableau 1 de l'Annexe 1 et des systèmes d'autres services, les critères suivants soient utilisés:
- pour les imageurs radiométriques, un critère de protection à court terme de $-137,8$ dB(W/2 GHz) pendant moins de 3 s et un critère de protection à long terme de $-144,8$ dB(W/2 GHz) au maximum pendant moins de 60 s;
 - pour les radars métriques et les autodirecteurs, un critère de protection à court terme de $-126,2$ dB(W/6 MHz) pendant moins de 5 s et un critère de protection à long terme de $-136,1$ dB(W/6 MHz) au maximum pendant moins de 60 s.

Annexe 1

Caractéristiques et critères de protection des radars du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz

1 Objet

Les caractéristiques et les critères de protection proposés dans la présente Recommandation sont destinés aux études de partage demandées dans les Résolutions **712 (CMR-2000)** et **730 (CMR-2000)** et pour évaluer la compatibilité entre les radars et d'autres systèmes fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz.

2 Caractéristiques techniques

Les systèmes du service de radiorepérage devraient pouvoir utiliser les fréquences au voisinage de 35 GHz et de 94 GHz, qui correspondent approximativement aux deux premières fenêtres de propagation dans les caractéristiques d'absorption atmosphérique du spectre des ondes millimétriques, pour obtenir la grande précision de mesure et la résolution de la cible qui sont possibles aux longueurs d'onde millimétriques. Les détecteurs actifs comme les capteurs passifs fonctionnant dans le service de radiorepérage au voisinage de ces fréquences sont utilisés pour la cartographie, l'identification de cibles, la navigation, la détermination de points de visée, la télémétrie, etc. Le Tableau 1 résume les caractéristiques techniques de systèmes représentatifs utilisés dans ces bandes. Les informations sont suffisantes pour les calculs généraux visant à évaluer la compatibilité entre ces radars et d'autres systèmes.

TABLEAU 1

Caractéristiques techniques des radars fonctionnant au voisinage de 35 GHz

Paramètre	Unité	Radar A	Radar B	Radar C	Radar D	Radar E	Radar F
Utilisation		Imagerie	Imagerie	Métrique	Métrique	Autodirecteur	Recherche et poursuite
Type de détecteur		Passif	Actif	Actif	Actif	Actif	Actif
Modulation		–	Impulsions	Impulsions	Impulsions	MF linéaire	MF linéaire Impulsions
Rapport de compression		–	–	–	–	200	50
Largeur d'impulsion	µs	–	0,05	0,25	0,05	10	20
Puissance crête de l'émetteur	kW	–	0,5	135	1	0,001	10
Fréquence de répétition des impulsions	kHz	–	30	1	50	10	10-30
Largeur de bande RF	MHz	–	80	10	101	12	2000
Gain d'antenne	dBi	35	30	52	51	28,7	52
Ouverture de faisceau	degrés	0,5 × 3,0	0,75 × 10	0,25 × 0,25	0,5 × 0,5	4,4 × 4,4	0,25 × 0,25
Largeur de bande FI du récepteur	GHz	2	0,040	0,006	0,185	0,100	0,006
Température de bruit	K	850	–	–	–	–	–
Facteur de bruit	dB	–	4,5	10	10	5	4
Sensibilité du récepteur	dBm	–	–81	–95	–78	–93	–
Accord		Fixe	Fixe	Fixe	Sauts de fréquence	Fixe	Sauts de fréquence

3 Critères de protection

Les critères de brouillage à court terme applicables aux systèmes de radiolocalisation de Terre présentés dans le Tableau 1 sont traités dans les paragraphes ci-après.

3.1 Imageurs radiométriques

En partant de l'hypothèse d'une variation négligeable de gain du système, la sensibilité à la température minimale, ΔT , d'un système d'imagerie radiométrique est:

$$\Delta T = \frac{T_A + T_r}{\sqrt{B \cdot t_i}} \quad (1)$$

où:

T_A : température de bruit de l'antenne

T_r : température de bruit du récepteur

B : largeur de bande RF

t_i : temps d'intégration.

Le seuil du radiomètre, ΔP , est donné par:

$$\Delta P = k \Delta T B \quad (2)$$

où k est la constante de Boltzman, $= 1,38 \times 10^{-23}$, et ΔT et B ont les valeurs indiquées ci-dessus. Au moyen des équations (1) et (2), on détermine qu'un radiomètre ayant une largeur de bande de 2 GHz, une température de bruit du système de 850 K et un temps d'intégration de 1 ms présente un seuil $\Delta P = -137,8$ dB(W/2 GHz).

Critère de protection à court terme

Etant entendu qu'il s'agit d'un événement peu probable, un opérateur peut accepter une image très dégradée pendant plusieurs secondes. Le fait de permettre au niveau du signal brouilleur d'approcher le seuil du radiomètre se traduit par un niveau permis du signal brouilleur de $-137,8$ dB(W/2 GHz) pendant moins de 3 s.

Critère de protection à long terme

Une dégradation moindre peut être envisagée pendant des durées ne dépassant pas 1 min. Dans ce cas, la dégradation n'est pas toujours perçue par l'opérateur, bien qu'elle produise une certaine perte de résolution de l'image. Le fait de permettre au signal brouilleur d'atteindre 20% du seuil du radiomètre se traduit par un niveau de brouillage permis de $-144,8$ dB(W/2 GHz) pendant moins de 60 s.

3.2 Radars métriques et autodirecteurs

Dans le cas des radars métriques de Terre (radars d'instrumentation) et des autodirecteurs, il est à noter que deux paramètres de qualité de fonctionnement importants, la précision angulaire σ_θ et la portée de détection de la cible R , sont liés au rapport S/N reçu par:

$$\sigma_\theta \propto \frac{1}{\sqrt{S/N}} \quad (3)$$

$$R \propto \frac{1}{\sqrt[4]{S/N}} \quad (4)$$

On peut obtenir une faible ouverture de faisceau et une grande précision angulaire avec des antennes relativement petites fonctionnant aux longueurs d'ondes millimétriques. Cette caractéristique est en fait une raison majeure pour laquelle les autodirecteurs de missiles et les radars d'instrumentation fonctionnent à ces fréquences. Les équations (3) et (4) font apparaître que la précision angulaire du

radar est plus sensible au rapport S/N reçu que ne l'est la plage de détection; pour cette raison, on utilise ce paramètre de qualité de fonctionnement pour déterminer les niveaux de brouillage permis¹.

Comme dans le cas du système d'imagerie de la section précédente, des critères à court et à long terme peuvent être établis pour la dégradation permise de la qualité de fonctionnement d'un système par des signaux brouilleurs.

Le brouillage à court terme peut dégrader le système de manière significative pendant un laps de temps suffisamment court pour qu'il paraisse acceptable pour l'opérateur, étant entendu qu'il s'agit d'un événement peu probable. Le brouillage à long terme peut dégrader la qualité de fonctionnement du système de manière incrémentielle jusqu'à un niveau qui n'est pas immédiatement perçu par l'opérateur mais qui est toutefois acceptable pendant le laps de temps spécifié.

Critère de protection à court terme

La dégradation du rapport S/N du radar produira une erreur de localisation qui peut partiellement compromettre l'avantage du fonctionnement aux fréquences élevées et qui peut considérablement perturber la mission du radar. Le fait de permettre au signal brouilleur d'atteindre le niveau de bruit du radar ($I/N = 0$ dB) se traduira par une augmentation de 40% de l'erreur angulaire. On peut à nouveau supposer que cette dégradation n'est pas excessivement importante, à condition qu'il s'agisse d'un événement peu probable, pendant une durée ne dépassant pas 5 s environ. Le niveau du signal brouilleur permis peut dès lors atteindre $-126,2$ dB(W/6 MHz) pendant moins de 5 s (en utilisant le radar du Tableau 1 ayant l'ouverture de faisceau la plus petite).

Critère de protection à long terme

Il semblerait logique que l'erreur du radar devienne plus importante à mesure que la durée augmente. Jusqu'à 1 min, il faut partir du principe que l'augmentation de l'erreur angulaire due au signal brouilleur ne devrait pas dépasser 5%. Le critère à long terme est dès lors un niveau du signal brouilleur de $-136,1$ dB(W/6 MHz) pendant 60 s au plus.

3.3 Radars de recherche et de poursuite

Pour les radars de recherche et de poursuite, on utilise comme critère de protection un rapport entre la puissance du signal brouilleur et la puissance de bruit du récepteur du radar, I/N , de -6 dB.

¹ Dans ce cas on suppose, pour des raisons de simplicité, que les signaux brouilleurs seront interprétés par le récepteur touché comme une augmentation de la puissance de bruit dans les étages FI. Il faut éventuellement tenir compte de la réponse exacte des systèmes radar, mais cela ne relève pas de la présente approche à caractère général.