

RECOMMANDATION UIT-R M.1640

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)

Résumé

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.

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) qu'une partie considérable du spectre attribué aux services de radiolocalisation et de radionavigation (s'élevant à environ 1 GHz) a été retirée à ces services ou reléguée à un statut inférieur depuis la CAMR-79;
- d) 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;
- e) 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;
- f) que les radars de radiorepérage fonctionnent dans la bande 33,4-36 GHz;
- g) que la bande de fréquences 33,4-34,2 GHz est attribuée à titre primaire au service de radiolocalisation;
- h) 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);
- j) 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;
- k) 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;
- l) 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 (non pulsé), un rapport de puissance du signal brouilleur à la puissance de bruit du récepteur du radar, I/N , de -6 dB devrait être utilisé comme niveau de protection requis pour les systèmes de radiolocalisation dans le cadre des études de partage;
- 3 que, pour les études de partage de la bande 33,4-36 GHz entre les radars du service de radiorepérage 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 et les chercheurs métriques, 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 33,4-36 GHz.

2 Rappel des faits

La CMR-97 avait été invitée à examiner la question du choix d'une bande de fréquences de 1 GHz au voisinage de 35 GHz qui serait utilisée par les détecteurs actifs spatioportés orientés vers la Terre. L'UIT-R a étudié la compatibilité entre des capteurs spatioportés actifs et des systèmes des services de radionavigation et de radiolocalisation (plusieurs bandes ont été envisagées). Alors que les études effectuées avant la CMR-97 indiquaient qu'on pouvait permettre aux capteurs spatioportés actifs et aux systèmes radar de fonctionner dans la même bande sans dépasser les critères de protection, la CMR-97 décidait d'attribuer la bande 35,5-36 GHz à titre primaire au service de recherche spatiale, sous réserve du renvoi 5.551A du Règlement des radiocommunications (RR). La CMR-2000 a décidé de réexaminer cette attribution, notamment dans la bande 35-38 GHz, et a défini le point 1.12 de l'ordre du jour de la CMR-03 pour examiner cette question. La présente Recommandation propose les caractéristiques techniques et les critères de protection des systèmes de radiolocalisation fonctionnant dans la bande de fréquences 33,4-36 GHz.

3 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	Imagerie	Imagerie	Métrique	Métrique	Chercheur
Type de détecteur	Passif	Actif	Actif	Actif	Actif
Modulation	–	Impulsions	Impulsions	Impulsions	MF linéaire
Rapport de compression	–	–	–	–	200
Largeur d'impulsion	–	0,05	0,25	0,05	10
Puissance crête d'émetteur (kW)	–	0,5	135	1	0,001
FRI (kHz)	–	30	1	50	10
Largeur de bande RF (MHz)	–	80	10	101	12
Gain d'antenne (dBi)	35	30	52	51	28,7
Ouverture de faisceau (degrés)	0,5 × 3,0	0,75 × 10	0,25 × 0,25	0,5 × 0,5	4,4 × 4,4
Largeur de bande FI du récepteur (GHz)	2	0,040	0,006	0,185	0,100
Température de bruit (K)	850	–	–	–	–
Facteur de bruit (dB)	–	4,5	10	10	5
Sensibilité du récepteur (dBm)	–	–81	–95	–78	–93
Accord	Fixe	Fixe	Fixe	Sauts de fréquence	Fixe

FRI: fréquence de répétition des impulsions

4 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.

4.1 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.

4.2 Radars et chercheurs métriques

Dans le cas des radars et chercheurs métriques de Terre (radars de mesure), on constate 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 radars chercheurs de missiles et les radars de mesure 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 c'est le cas du système d'imagerie de la section précédente, on peut établir des critères à court et à long terme de 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.

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.