

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1462-1
(01/2019)

Caractéristiques et critères de protection des radars fonctionnant dans le service de radiolocalisation dans la gamme de fréquences 420-450 MHz

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 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 radiopérage 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, 2019

© UIT 2019

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.1462-1

**Caractéristiques et critères de protection des radars
fonctionnant dans le service de radiolocalisation
dans la gamme de fréquences 420-450 MHz**

(2000-2019)

Champ d'application

La présente Recommandation expose les caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes de radiolocalisation fonctionnant dans la gamme de fréquences 420-450 MHz. Les paramètres sont destinés à servir de lignes directrices dans les analyses de compatibilité entre les radars fonctionnant dans le service de radiolocalisation et les systèmes d'autres services.

Mots clés

Radar, caractéristiques, critères de protection

Abréviations/glossaire

FI: fréquence intermédiaire

I/N: rapport brouillage/bruit (*interfering to noise ratio*)

RF: fréquence radioélectrique (*radio frequency*)

Recommandations et Rapports connexes de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage

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 nécessaires propres aux radars pour remplir leurs fonctions 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 les caractéristiques de propagation et de détection des cibles nécessaires à ces fonctions sont optimales dans certaines bandes de fréquences et que la bande 420-450 MHz est particulièrement utile pour l'identification, la poursuite et le catalogage d'objets très éloignés (par exemple dans l'espace) par des radars de terre,

reconnaissant

- a) que la bande de fréquences 420-450 MHz, ou des parties de cette bande, sont attribuées à titre primaire à l'échelle mondiale aux services fixe, de radiolocalisation, d'amateur, d'exploration de la Terre par satellite (active) et mobile sauf mobile aéronautique;
- b) qu'il existe plusieurs autres attributions dans la gamme de fréquences 420-450 MHz dans le cadre de renvois du tableau d'attribution des bandes de fréquences,

notant

que lorsque le service de radiolocalisation bénéficie d'une attribution à titre secondaire, il peut être nécessaire d'appliquer des techniques de réduction des brouillages ou des mesures opérationnelles pour protéger les services bénéficiant d'une attribution à titre primaire,

recommande

1 que les caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes de radiolocalisation décrits à l'Annexe 1 soient considérées comme représentatives des systèmes fonctionnant dans la gamme de fréquences 420-450 MHz;

2 que la Recommandation UIT-R M.1461 soit utilisée comme directive pour l'analyse de la compatibilité des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage avec les systèmes d'autres services;

3 qu'un rapport entre le niveau de puissance du signal brouilleur et le niveau de puissance de bruit du récepteur radar, I/N , de -6 dB soit utilisé comme niveau de protection exigé pour les systèmes de radiolocalisation, et que ce rapport I/N représente le niveau de protection net si plusieurs brouilleurs sont présents (voir la Note 1);

4 que la Note suivante soit considérée comme faisant partie de la présente Recommandation.

NOTE 1 – Les critères de protection indiqués au point 3 du *recommande* ne devraient pas être appliqués aux radars de poursuite d'objets spatiaux décrits à l'Annexe 1 car il s'agit de radars très sensibles ne pouvant tolérer la dégradation de 6% qui en résulte dans la gamme de détection (correspondant à une perte de 19% du volume de surveillance). Des études spéciales de compatibilité avec ces radars sont nécessaires.

Annexe 1

Caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes de radiolocalisation fonctionnant dans la gamme de fréquences 420-450 MHz

1 Introduction

Des radars aéroportés, de navire et au sol à grande puissance fonctionnent dans la gamme de fréquences 420-450 MHz. Leurs caractéristiques techniques et d'exploitation sont décrites dans les sections suivantes.

2 Caractéristiques des radars fonctionnant dans la gamme 420-450 MHz

Les caractéristiques représentatives des systèmes de radiolocalisation dans la bande 420-450 MHz sont décrites ci-après. Les informations figurant dans la présente Annexe sont suffisantes pour effectuer des calculs généraux visant à évaluer la compatibilité entre ces radars et d'autres systèmes.

2.1 Radars au sol

La bande de fréquences 420-450 MHz fournit des caractéristiques uniques idéales pour la détection, l'identification et la poursuite d'objets à grande distance.

Le radar A poursuit et catalogue des objets spatiaux en utilisant des puissances de sortie de l'émetteur allant jusqu'à 5 MW et des gains d'antenne élevés. Les radars de ce type fonctionnent de façon continue, 24 heures sur 24 et 365 jours par an. La «fenêtre» de surveillance pour le balayage est comprise entre 3° et 60° d'élévation, par secteurs de 120° en azimut. Les récepteurs de radar sont très sensibles afin de détecter les échos des objets exo-atmosphériques et spatiaux. Du fait de leur spécialisation et de leurs caractéristiques spécifiques (par exemple, très grands réseaux d'antennes), ces types de radars au sol sont peu nombreux; cependant, en raison de leur sensibilité et de leur spécificité, ils assurent une reconnaissance et une protection particulières. Le Tableau 1 fournit les caractéristiques des radars et le Tableau 2 les emplacements identifiés d'un grand nombre de ces radars.

Le radar B est un système assurant des fonctions de surveillance et de poursuite à haute altitude. Les radars de ce type sont situés en des emplacements fixes ou peuvent être transportés à bord de véhicules.

Le radar C est un système transportable de recherche, aérienne et de surface, d'objets en mouvement à une courte distance autour de l'emplacement du radar.

TABLEAU 1

Caractéristiques des radars au sol fonctionnant dans la gamme de fréquences 420-450 MHz

Paramètre	Radar A	Radar B	Radar C
Application	Poursuite d'objets spatiaux	Surveillance à haute altitude	Recherche aérienne et de surface
Zone de déploiement	Monde entier, emplacement fixe	Monde entier, emplacement fixe et transportable	Monde entier, emplacement fixe et transportable
Type d'accord; plage (MHz)	Agile en fréquence; 420-450	Agile en fréquence; 420-450	Agile en fréquence; 420-450
Puissance de sortie RF de crête (MW)	1-5	0,3	0,01
Polarisation	Circulaire	Circulaire	Rectiligne
Durée d'impulsion (ms)	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16	0,01-16	0,001-1
Coefficient d'utilisation (moyen) (%)	25	1-25	1-10
Modulation d'impulsions en fréquence	Recherche: impulsion modulée en fréquence de 100-350 kHz; Poursuite: impulsion modulée linéairement en fréquence de 1 ou 5 MHz	Impulsion modulée linéairement en fréquence de 2 MHz	Impulsion modulée linéairement en fréquence de 1 ou 0,3 MHz
Fréquence de répétition des impulsions (Hz)	Jusqu'à 41	15-400	100-3 000
Type d'antenne	Antenne réseau plan; 22+ mètres de diamètre	Antenne réseau à commande de phase	Antenne réseau à commande de phase
Hauteur du radar par rapport au sol (m)	15	5-20	5-10

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	Radar A	Radar B	Radar C
Gain d'antenne (dBi)	38,5	28-40	10
Balayage d'antenne	3-85° en élévation; $\pm 60^\circ$ en azimut pour chacun des deux réseaux plan pour un balayage total de 240° en azimut	Balayage sectoriel de $\pm 60^\circ$ en azimut, en mode rotatif ou aléatoire; 3-85° en élévation	Balayage omnidirectionnel de 360° en azimut
Ouverture du faisceau de l'antenne en azimut (degrés)	2,2	1,8 en général	80
Ouverture du faisceau de l'antenne en élévation (degrés)	2,2	1,8 en général	60
Température de bruit du récepteur (K)	≤ 450	≤ 435	≤ 435
Facteur de bruit (dB)		$\leq 2,5$	$\leq 2,5$
Largeur de bande RF du récepteur (MHz)		30	30
Largeur de bande FI du récepteur (MHz)	1 ou 5 (voir la largeur de modulation)	2	1 ou 0,3

TABLEAU 2

Emplacement des radars de poursuite d'objets spatiaux fonctionnant dans la gamme 420-450 MHz

Emplacement du radar	Latitude	Longitude
Massachusetts (États-Unis d'Amérique)	41,8°N	70,5°O
Texas (États-Unis d'Amérique)	31,0°N	100,6°O
Californie (États-Unis d'Amérique)	39,1°N	121,5°O
Géorgie (États-Unis d'Amérique)	32,6°N	83,6°O
Floride (États-Unis d'Amérique)	30,6°N	86,2°O
Dakota du Nord (États-Unis d'Amérique)	48,7°N	97,9°O
Alaska (États-Unis d'Amérique)	64,3°N	149,2°O
Thulé (Groenland)	76,6°N	68,3°O
Fylingdales Moor (Royaume-Uni)	54,5°N	4,0°O

2.2 Radars aéroportés

Trois bandes de radiolocalisation inférieures (420-450 MHz, 1 215-1 400 MHz et 3 100-3 700 MHz) sont et vont rester indispensables pour le développement et le fonctionnement des systèmes de surveillance par radar aéroporté. Une fois positionnés à l'endroit prévu, ces systèmes fonctionnent dans le monde entier de manière prolongée (de plusieurs heures à plusieurs jours). La détection, l'acquisition et la poursuite d'objets à grande distance sont des fonctions essentielles pour évaluer et

contrôler le trafic aérien. Les radars au sol sont extrêmement limités par l'horizon radar; l'emploi de radars à grande distance sur des plates-formes aéroportées est un excellent moyen d'accroître la capacité d'un radar. Comme les radars de surveillance aérienne au sol, les radars aéroportés utilisent des antennes rotatives en azimut pouvant balayer une plage précise en élévation de façon électronique ou à l'aide d'une ouverture de faisceau d'élévation relativement grande. Le radar fonctionnera pendant les phases de décollage et d'atterrissage de l'aéronef ainsi qu'aux altitudes de fonctionnement; l'altitude maximale de l'aéronef est de 9 km environ. Le Tableau 3 fournit les caractéristiques d'un système de radar aéroporté représentatif fonctionnant dans la bande de fréquences 420-450 MHz.

TABLEAU 3
Caractéristiques des radars aéroportés fonctionnant
dans la gamme 420-450 MHz

Paramètre	Radar 1	Radar 2
Type de syntonisation; plage	Fréquence fixe ou agile en fréquence; 420-450 MHz	Agile en fréquence; 420-450 MHz
Puissance de sortie RF de crête (MW)	2	2,5
Polarisation	Horizontale	Horizontale
Durée d'impulsion (μ s)	1, 2, 4, 8	30, 35, 100
Modulation d'impulsion	Impulsions non modulées	Modulation de fréquence linéaire
Fréquence de répétition des impulsions (kHz)	0,1-2	Jusqu'à 3
Type d'antenne	Réseau Yagi ou réseau plan	Réseau linéaire
Gain d'antenne (dBi)	22	19
Balayage d'antenne	$\pm 60^\circ$ en élévation (positionnement mécanique ou balayage électronique); 360° en azimut pour 3-7 rotations par min	Fixé à $\pm 45^\circ$ en élévation (balayage électronique, positionnement mécanique); 360° en azimut
Ouverture du faisceau de l'antenne	6-20° en élévation (selon le type de balayage); 6° en azimut	Jusqu'à 60° en élévation; 7° en azimut
Facteur de bruit du récepteur (dB)	5	3
Largeur de bande FI du récepteur (MHz)	1	33

2.3 Radars de navire

Les radars de surveillance de navire fonctionnent également dans la gamme de fréquences 420-450 MHz. Ils opèrent généralement en mer, mais ils peuvent aussi opérer dans les eaux côtières et les ports. Les radars de surveillance sont caractérisés par un balayage de 360° en azimut; les opérations sont réalisées de façon continue. Le Tableau 4 fournit les caractéristiques d'un radar de navire représentatif fonctionnant dans la bande de fréquences 420-450 MHz.

TABLEAU 4
**Caractéristiques des radars de navire fonctionnant
dans la gamme 420-450 MHz**

Paramètre	Valeur
Type de syntonisation; plage	Fréquences fixes; 420-450 MHz
Puissance de sortie RF de crête (MW)	2
Modulation d'impulsion	Impulsions non modulées
Gain d'antenne (dBi)	30 (faisceau principal) 0 (lobe latéral médian)
Courbe d'émission RF de l'émetteur	-3 dB 2 MHz -20 dB 3 MHz -70 dB 20 MHz
Sélectivité FI du récepteur	-3 dB 2 MHz -103 dB 20 MHz
Niveau de bruit du récepteur (dBW)	-136
Type d'antenne	Réflecteur parabolique

3 Critères de protection

L'effet de désensibilisation des radars de radiorepérage dû à une modulation assimilable à une onde entretenue ou à du bruit, causé par d'autres services, est probablement lié à l'intensité de cette modulation. Dans n'importe quel secteur d'azimut où ce type de brouillage se produit, il suffit d'ajouter la densité spectrale de puissance de ce brouillage à la densité spectrale de puissance du bruit thermique du récepteur du radar pour obtenir un résultat relativement fiable. Si la densité spectrale de puissance du bruit du récepteur du radar en l'absence de brouillage est désignée par N_0 et celle du brouillage de type bruit par I_0 , on obtient la densité spectrale de puissance du bruit effectif qui en résulte en additionnant simplement I_0 et N_0 . Une augmentation d'environ 1 dB constituerait une dégradation significative, équivalant à une réduction de détection d'environ 6%. Cette augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ de 1,26 ou à un rapport I/N d'environ -6 dB, ce qui représente l'effet de regroupement de plusieurs brouilleurs quand il y en a a ; le rapport I/N acceptable d'un brouilleur individuel dépend du nombre de brouilleurs et de leur géométrie et doit être estimé lors de l'analyse d'un scénario donné. Si le brouillage par ondes entretenues provient de la plupart des azimuts, il est alors nécessaire de maintenir un rapport I/N inférieur.

Le facteur de regroupement peut être très important dans le cas de certains systèmes de communication pour lesquels un grand nombre de stations peuvent être utilisées.

L'effet du brouillage par impulsions est plus difficile à quantifier; il dépend fortement du type de processeur utilisé par les récepteurs et du mode de fonctionnement de ces derniers. En particulier, les gains résultant du traitement différentiel du retour de cible, qui est pulsé de façon synchrone et des impulsions de brouillage, qui sont généralement asynchrones, ont souvent des effets importants sur les niveaux donnés de brouillage par impulsions. Cette désensibilisation peut être à l'origine de différents types de dégradation de la performance. Elle devra être évaluée lors des analyses d'interaction entre certains types de radar. On s'attend, en général, à ce que les nombreuses fonctions des radars de radiorepérage contribuent à supprimer le brouillage par impulsions à faible coefficient d'utilisation, lorsqu'en particulier il provient de quelques sources isolées. Les techniques de suppression du brouillage par impulsions à faible coefficient d'utilisation figurent dans la

Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage.
