

RECOMMANDATION UIT-R M.1465

**CARACTÉRISTIQUES ET CRITÈRES DE PROTECTION DES RADARS
FONCTIONNANT DANS LE SERVICE DE RADIOREPÉRAGE DANS
LA BANDE DE FRÉQUENCES 3 100-3 700 MHz**

(Questions UIT-R 216/8 et UIT-R 226/8)

(2000)

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 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 le service de radionavigation est un service de sécurité au sens du numéro S4.10 du RR et qu'aucun brouillage préjudiciable à son encontre ne peut être toléré;
- d) 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;
- e) que certains groupes techniques de l'UIT-R envisagent la possibilité d'introduire de nouveaux types de systèmes (par exemple, systèmes d'accès hertzien fixe ou systèmes fixes ou mobiles à haute densité) ou de services dans des bandes entre 420 MHz et 34 GHz utilisées par des radars du service de radiorepérage;
- f) que des caractéristiques techniques et d'exploitation représentatives des systèmes fonctionnant dans les bandes attribuées au service de radiorepérage sont nécessaires pour déterminer la possibilité d'introduire de nouveaux types de systèmes;
- g) que des procédures et des méthodologies sont nécessaires pour analyser la compatibilité des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage avec les systèmes d'autres services;
- h) que la bande de fréquences 3 100-3 400 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire dans les trois Régions;
- j) que la bande de fréquences 3 400-3 600 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre secondaire dans la Région 1;
- k) que la bande de fréquences 3 400-3 600 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire dans les Régions 2 et 3;
- l) que le numéro S5.433 du RR prévoit une attribution à titre primaire au service de radiolocalisation dans la bande de fréquences 3 400-3 600 MHz dans les Régions 2 et 3 et prie instamment les administrations qui exploitent des systèmes de radiolocalisation d'en cesser l'exploitation avant 1985;
- m) que la bande de fréquences 3 600-3 700 MHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre secondaire dans les Régions 2 et 3;
- n) que la bande de fréquences 3 100-3 300 MHz est de plus attribuée au service de radionavigation à titre primaire dans les pays énumérés au numéro S5.428 du RR,

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 bande de fréquences 3 100-3 700 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 de puissance de signal brouilleur/niveau de puissance du bruit causé par le récepteur du radar, I/N de -6 dB soit utilisé comme niveau de protection exigé pour les systèmes de radiolocalisation et représente le niveau de protection net si plusieurs brouilleurs sont présents.

NOTE 1 – La présente Recommandation sera révisée dès que plus d'informations seront disponibles.

ANNEXE 1

Caractéristiques techniques et d'exploitation des radars de radiolocalisation fonctionnant dans la bande de fréquences 3 100-3 700 MHz

1 Introduction

Les caractéristiques des radars de radiolocalisation fonctionnant dans la bande de fréquences 3 100-3 700 MHz sont présentées au Tableau 1 et sont traitées en détail dans les paragraphes suivants.

TABLEAU 1

Caractéristiques des systèmes de radiolocalisation fonctionnant dans la bande 3 100-3 700 MHz

Paramètre	Systèmes au sol		Systèmes de navire		Systèmes aéroportés
	A	B	A	B	A
Utilisation	Recherche surface/air	Recherche de surface	Recherche surface/air		Recherche surface/air
Modulation	P0N/Q3N	P0N	P0N	Q7N	Q7N
Plage de syntonisation (GHz)	3,1-3,7		3,5-3,7	3,1-3,5	3,1-3,7
Puissance de l'émetteur fournie à l'antenne (kW) (de crête)	640	1 000	850	4 000	1 000
Largeur d'impulsion (μ s)	160-1 000	1,0-15	0,25; 0,6	6,4-51,2	1,25 ⁽¹⁾
Fréquence de répétition des impulsions (kHz)	0,020-2	0,536	1,125	0,152-6,0	2
Rapport de compression	48 000	Sans objet	Sans objet	64-512	250
Type de compression	Non disponible	Sans objet	Sans objet	MDFCC	Non disponible
Coefficient d'utilisation (%)	2-32	0,005-0,8	0,28; 0,67	0,8-2,0	5
Largeur de bande de l'émetteur (MHz) (-3 dB)	25/300	2	4; 16,6	4	> 30
Gain d'antenne	39	40	32	42	40
Type d'antenne	Parabolique		Parabolique	BE	PF
Ouverture du faisceau de l'antenne (H,V) (degrés)	1,72	1,05; 2,2	5,8; 4,5	1,7; 1,7	1,2; 3,5
Type de balayage vertical	Non disponible	Sans objet	Sans objet	Aléatoire	Non disponible
Balayage vertical maximal (degrés)	93,5	Sans objet	Sans objet	90	± 60

TABLEAU 1 (suite)

Paramètre	Systèmes au sol		Systèmes de navire		Systèmes aéroportés
	A	B	A	B	A
Vitesse du balayage vertical (degrés/s)	15	Sans objet	Sans objet		Non disponible
Type de balayage horizontal	Sans objet	Rotatif	Rotatif	Aléatoire	Rotatif
Balayage horizontal maximal (degrés)	360		360		360
Vitesse du balayage horizontal (degrés/s)	15	25,7	24	Sans objet	36
Polarisation	Circulaire droite	V	H	V	Non disponible
Sensibilité de l'émetteur (dBm)	Non disponible	-112	-112	Non disponible	Non disponible
Critère S/N (dB)	Sans objet	0	14	Non disponible	Non disponible
Facteur de bruit du récepteur (dB)	3,1	Non disponible	3	Non disponible	3
Largeur de bande RF du récepteur (MHz) (-3 dB)	Non disponible	2,0	Non disponible		Non disponible
Largeur de bande FI du récepteur (MHz) (-3 dB)	380	0,67	8	AE	1
Zone de service (1 000 km ²)	32	1 468	188	511	Monde entier
Nombre de systèmes par zone	1	6	1-2	7	36

⁽¹⁾ Compression sur 100 ns.

BE: Balayage électronique en phase

MDFCC: MDF de compression continue

PF: Panneau à fentes

2 Caractéristiques techniques

La bande 3 100-3 700 MHz est utilisée par les radars équipés d'installations au sol, à bord de navires et à bord d'aéronefs. Les radars mobiles sont surtout utilisés à bord de navires et d'aéronefs, alors que les systèmes fixes au sol sont utilisés à bord de ballons captifs destinés à la surveillance au-dessus de zones terrestres ou côtières, dans des polygones d'essai. Leurs fonctions comprennent la recherche d'objets aéroportés de basse et haute altitude, la surveillance en mer, la poursuite d'objets aéroportés et l'application d'appareillages sur polygones d'essai polyvalents. La modulation d'impulsions non modulées et la modulation d'impulsions à modulation angulaire sont toutes les deux employées; la puissance de crête type de l'émetteur est comprise entre 500 kW et 4 MW. De faibles coefficients d'utilisation sont utilisés pour des fonctions de radars de recherche avec des valeurs types inférieures à 1%. Le facteur de bruit du récepteur est généralement compris entre 3,1 dB et 16 dB. Les caractéristiques représentatives de systèmes de radar au sol, à bord de navires et aéroportés fonctionnant dans la bande 3 100-3 700 MHz sont indiquées au Tableau 1.

2.1 Radars au sol

2.1.1 Opérations des radars au sol

Les radars au sol fonctionnant dans la bande 3 100-3 700 MHz sont en général utilisés pour des opérations d'essai à l'intérieur et à l'extérieur de polygones d'essai. Un nombre d'entre eux sont mobiles dans le sens où ils sont souvent montés sur des véhicules à roues utilisés pour pouvoir être déplacés afin de fournir à des véhicules aéroportés des fonctions de recherche et de poursuite le long de trajectoires de vol étendues. D'autres radars assurant également des

fonctions de recherche et de poursuite sont installés en des points fixes sur des polygones d'essai. Le système au sol B du Tableau 1, dont le ballon captif atteint 4 600 m d'altitude, permet d'assurer une surveillance étendue d'un polygone jusqu'à 275 km. Le système au sol A du même tableau fonctionne principalement le jour lorsque les conditions de vol sont favorables et, occasionnellement, de nuit, alors que les radars à bord de ballons captifs fonctionnent en permanence.

2.1.2 Émetteurs

Les émetteurs sont réglables et peuvent fonctionner n'importe où à l'intérieur de la bande 3 100-3 700 MHz. La modulation d'impulsions non modulées et la modulation d'impulsions à modulation angulaire monocanal et multicanaux sont utilisées.

2.1.3 Récepteurs

Un grand nombre de récepteurs de radars de polygones d'essai sont équipés de circuits-portes spéciaux utilisés pour la corrélation de données vidéo et pour l'alimentation de données à divers écrans, consoles opérateur ou dispositifs d'enregistrement. Les données vidéo reçues par le radar du ballon captif sont retransmises par des systèmes radio (service fixe) et filaires à des installations d'opérateurs au sol.

2.1.4 Antennes

Les antennes sont conçues pour un usage spécifique sur le polygone d'essai mais elles fonctionnent avec un gain du faisceau principal allant jusqu'à 40 dBi, sont guidées électroniquement et sont généralement dirigées vers le ciel dans des directions aléatoires, ce qui augmente les chances d'illumination d'objets spatiaux et de réception d'énergie en provenance de ces objets. Les radars à ballon captif dirigent leurs antennes en direction de l'horizon, quelques degrés au-dessus.

2.2 Radars de navire

2.2.1 Opérations sur navire

Le Tableau 1 décrit deux types représentatifs de radars de navire, les systèmes A et B de navire, fonctionnant dans la bande 3,4-3,65 GHz. Le système A est utilisé comme système primaire de contrôle du trafic aérien pour porte-aéronefs (CATC, *carrier air traffic control*). Le système B est un radar multifonctions utilisé à bord de navires d'escorte. Ces radars fonctionnent en bord de mer et en haute mer, généralement 24 h sur 24 ; il n'est pas rare que plus de dix d'entre eux soient en service simultanément lorsqu'ils escortent d'autres navires. Outre des systèmes de navire, il existe des systèmes fixes au sol utilisés à des fins de formation et d'essai. Par ailleurs, certaines opérations d'essai et de maintenance courantes exigent une utilisation occasionnelle de ces radars en zone portuaire. Un navire équipé d'un système A est presque toujours accompagné d'au moins un navire équipé d'un système B.

2.2.2 Émetteurs

Le système A émet dans la bande 3 500-3 700 MHz à une puissance de crête de 850 kW. Le système B émet dans la bande 3 100-3 500 MHz à une puissance de crête de 4 MW et utilise une combinaison de modulation de phase et de saut de fréquence. Les émissions sont agiles en fréquence sur dix bandes de 40 MHz de longueur chacune, notées de 1 à 10. La séquence des largeurs d'impulsions variables est aléatoire.

2.2.3 Récepteurs

Les récepteurs du système A sont décrits au Tableau 1. Ils possèdent les fonctions courantes des systèmes de contrôle du trafic aérien pour la réduction du fouillis radar et des fausses cibles, l'indication d'une cible en mouvement, la sélection courte/grande distance et l'alimentation d'oscilloscopes à écran radar panoramique en données vidéo; la plage de syntonisation des récepteurs est la même que celle des émetteurs. Les récepteurs du système B fonctionnent dans la bande 3 100-3 500 MHz. Les caractéristiques de ces récepteurs ne sont pas disponibles mais on suppose qu'il s'agit de récepteurs modernes dont le gain de traitement doit être très élevé de façon que puissent être détectés des objets multiples et variés à de grandes distances, avec un fort fouillis radar et dans des conditions météorologiques défavorables.

2.2.4 Antennes

Le système A utilise une antenne de type réflecteur rotatif mécanique dont l'ouverture du faisceau est de 1,5° en azimut et dont le faisceau en éventail est compris entre 5,8° et 45° en élévation avec un gain dans le lobe principal de 32 dBi. La hauteur d'antenne nominale est de 46 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Le système B utilise quatre antennes planes à balayage et à pointage électronique assurant une couverture de 360° avec un gain dans le lobe principal de 42 dBi. La hauteur nominale de l'antenne du radar B est de 20 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

2.3 Radars aéroportés

Les radars aéroportés fonctionnant dans cette bande profitent des propriétés du spectre sur cette longueur d'onde pour conduire des opérations de surveillance, de poursuite de cibles et d'ATC à grande distance. Les caractéristiques spectrales des radars aéroportés fonctionnant dans cette bande sont décrites au Tableau 1. Ces radars, placés à bord d'aéronefs de surveillance d'un certain nombre d'administrations, sont multifonctions, à balayage électronique et sont équipés d'une grande antenne panneau à fentes fixée au sommet de la cellule de l'aéronef. Cette antenne fournit un gain dans le lobe principal de 40 dBi et un gain dans le lobe latéral estimé à -10 dBi. L'aéronef transportant ces radars peut effectuer des opérations dans le monde entier. Outre des fonctions de surveillance aérienne et de contrôle du trafic aérien, les radars aéroportés ont également une fonction de surveillance maritime. Ils fonctionnent généralement à environ 9 000 m d'altitude pendant une durée pouvant atteindre 12 h, selon la disponibilité de l'équipage. Dans certaines situations, une surveillance continue est assurée 24 h sur 24 grâce à un aéronef de ravitaillement.

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; 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.
