

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1638-1 (01/2015)

Caractéristiques et critères de protection à utiliser pour les études de partage entre les radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et les radars de radionavigation aéronautique fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 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 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, 2016

© UIT 2016

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.1638-1

Caractéristiques et critères de protection à utiliser pour les études de partage entre les radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et les radars de radionavigation aéronautique fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz

(2003-2015)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les caractéristiques techniques et opérationnelles ainsi que les critères de protection applicables aux radars fonctionnant dans la bande de fréquences 5 250-5 850 MHz, sauf les radars de météorologie au sol qui font l'objet de la Recommandation UIT-R M.1849. Ces caractéristiques sont destinées à être utilisées pour évaluer la compatibilité de ces systèmes avec d'autres services.

Mots clés

Radar, radar installé à bord d'un navire, radar terrestre, radar aéronautique, protection, radar multifonctions.

Abréviations/glossaire:

SRNA service de radionavigation aéronautique

CCME contre-mesures électroniques

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 de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et de radionavigation aéronautique 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 **4.10** du Règlement des radiocommunications (RR) qui doit bénéficier de mesures de protection spéciales contre les brouillages préjudiciables;
- d)* qu'il faut connaître les caractéristiques techniques et d'exploitation représentatives des radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et des radars de radionavigation pour examiner les questions de partage et de compatibilité avec ces systèmes, si nécessaire;
- e)* que des procédures et des méthodologies permettant d'analyser la compatibilité des radars avec des systèmes d'autres services sont exposées dans la Recommandation UIT-R M.1461;
- f)* que les radars de radiolocalisation, de radionavigation et de météorologie fonctionnent dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz;
- g)* que les radars au sol utilisés pour la météorologie sont autorisés à fonctionner dans la bande de fréquences 5 600-5 650 MHz sur la base de l'égalité des droits avec les stations du service de radionavigation aéronautique (SRNA) (voir le numéro **5.452** du RR);

h) que la Recommandation UIT-R M.1849 donne les caractéristiques techniques et opérationnelles des radars de météorologie au sol et peut servir de référence pour analyser les questions de partage et de compatibilité entre les radars de météorologie au sol et les systèmes d'autres services,

recommande

1 de considérer que les caractéristiques techniques et opérationnelles des radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol), et des radars de radionavigation exposés dans l'Annexe 1 sont représentatives des systèmes fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz;

2 d'utiliser la Recommandation UIT-R M.1461 comme référence pour analyser les questions de partage et de compatibilité entre, d'une part, les radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol), et les radars de radionavigation et, d'autre part, les systèmes d'autres services;

3 pour les études de partage entre le service de radiopérage et d'autres services, d'utiliser comme critère de déclenchement de la protection la valeur de -6 dB pour le rapport puissance du signal brouilleur/puissance de bruit du récepteur radar (I/N). Ce critère de protection correspond au niveau de protection net en présence de plusieurs systèmes brouilleurs.

Annexe 1

Caractéristiques des radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et des radars de radionavigation aéronautique

1 Introduction

Les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz qui sont attribuées au SRNA, au service de radionavigation et au service de radiolocalisation à titre primaire sont indiquées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Bande (MHz)	Attribution
5 250-5 255	Radiolocalisation
5 255-5 350	Radiolocalisation
5 350-5 460	Radionavigation aéronautique Radiolocalisation
5 460-5 470	Radiolocalisation Radionavigation
5 470-5 570	Radionavigation maritime Radiolocalisation ⁽¹⁾
5 570-5 650	Radionavigation maritime Radiolocalisation
5 650-5 725	Radiolocalisation
5 725-5 850	Radiolocalisation

⁽¹⁾ En vertu du numéro **5.452** du RR, les radars au sol utilisés pour des besoins de météorologie sont autorisés à fonctionner dans la bande 5 600-5 650 MHz sur la base de l'égalité des droits avec les stations du service de radionavigation maritime. La Recommandation UIT-R M.1849 indique les caractéristiques des radars de météorologie au sol.

Les radars de radiolocalisation ont diverses fonctions telles que:

- la poursuite de lanceurs spatiaux et de véhicules aéronautiques subissant des essais de développement et de fonctionnement;
- la surveillance maritime et aérienne;
- les mesures environnementales (par exemple l'étude des cycles océaniques et les phénomènes météorologiques tels que les cyclones);
- l'imagerie de la Terre; et
- la défense nationale et le maintien de la paix internationale.

Les radars de radionavigation aéronautique sont surtout utilisés pour détecter des perturbations atmosphériques et des cisaillements du vent au moyen d'équipements aéroportés et ont donc une fonction de sécurité (voir le numéro **4.10** du RR).

Les radars multifonctions font l'objet du Tableau 2.

Un radar multifonctions peut effectuer des fonctions de recherche, de suivi, de radionavigation ainsi que de détection des perturbations atmosphériques avec la même antenne dans une seule et même bande de fréquences. Par exemple, les radars aéroportés utilisent souvent des antennes à pointage mécanique ou des antennes-réseaux à commande de phase et leurs fonctions les plus courantes sont des fonctions de recherche et de suivi de cibles aériennes ou de surface et des fonctions d'évitement du sol et de détection des perturbations atmosphériques.

Les radars à bord de navires utilisent le plus souvent des antennes à pointage mécanique ou des antennes-réseaux à commande de phase et leurs principales fonctions sont des fonctions de recherche et de suivi de cibles aériennes et de cibles de surface et de détection des perturbations atmosphériques. Ces radars multifonctions sont moins encombrants et moins lourds (surtout pour les radars à bord d'aéronefs) et peuvent s'adapter à différents modes de fonctionnement en fonction de l'évolution des besoins.

2 Caractéristiques techniques

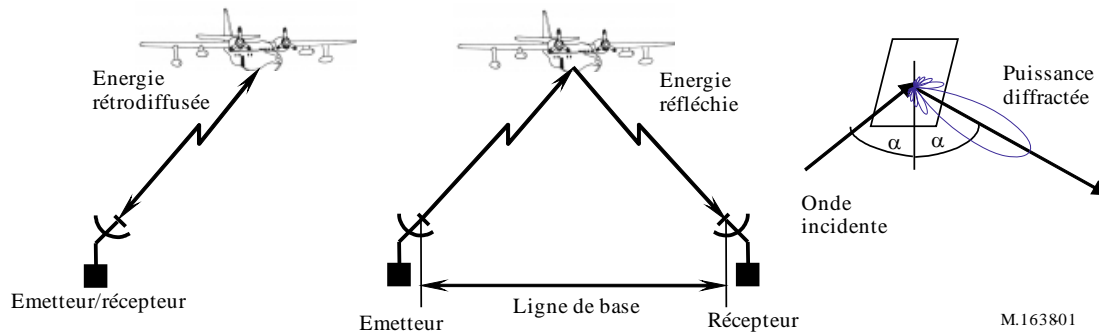
Les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz sont utilisées par de nombreux types de radar différents sur des plates-formes terrestres fixes, maritimes, aéroportées ou transportables. Le Tableau 2 contient les caractéristiques techniques de systèmes représentatifs utilisés dans ces bandes. Ces informations sont généralement suffisantes pour les calculs d'évaluation de la compatibilité entre ces radars et d'autres systèmes. Ces radars sont habituellement des radars monostatiques, c'est-à-dire que l'émetteur et le récepteur sont situés au même endroit (Figure 1a). Toutefois, les radars 10A et 14A (Tableau 2) peuvent aussi fonctionner dans une configuration bistatique, c'est-à-dire que l'émetteur et le récepteur sont géographiquement distants l'un de l'autre (Figure 1b).

L'espacement géographique entre l'émetteur et le récepteur présente l'avantage de pouvoir améliorer la surface efficace radar d'un objet, ce qui est illustré à la Figure 1c pour un plan carré. Ceci est particulièrement important si l'objet qui doit être détecté ne réfléchit pas beaucoup d'énergie dans la direction du signal radar incident.

La distance entre l'émetteur et le récepteur (ligne de base) est généralement comprise entre 30 et 50 kilomètres. Il est possible de synchroniser l'émetteur et le récepteur en utilisant une liaison radio ou un système mondial de navigation par satellite ou bien encore des signaux horaires. Il faut tenir compte dans les études de compatibilité de ce mode de fonctionnement dans lequel le récepteur totalement passif ne se trouve pas au même endroit que l'émetteur. Etant donné que les récepteurs sont les mêmes, les critères de protection applicables aux radars monostatiques et aux radars bistatiques sont identiques.

FIGURE 1

1a: radar monostatique;
 1b: radar bistatique;
 1c: puissance diffractée dans un simple plan carré



M.163801

Ce tableau contient les caractéristiques de certains radars à sauts de fréquence qui fonctionnent dans cette gamme de fréquences. La technique des sauts de fréquence est l'une des contre-mesures électroniques (CCME) les plus couramment utilisées. Les systèmes radar conçus pour fonctionner dans des conditions hostiles d'attaques électroniques utilisent les sauts de fréquence comme technique CCME. Ce type de radar divise généralement en canaux la bande de fréquences qui lui est attribuée et sélectionne alors de manière aléatoire un canal parmi tous les canaux disponibles pour la transmission. Cette occupation aléatoire d'un canal peut s'effectuer sur la base de la position de chaque faisceau, auquel cas de nombreuses impulsions sont transmises sur le même canal, ou sur la base de chaque impulsion. Il convient de prendre en considération cet aspect important des systèmes radar et de tenir compte, dans les études de partage, des conséquences que pourraient avoir les radars à sauts de fréquence.

TABLEAU 2

Caractéristiques des radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et des radars de radionavigation aéronautique

Caractéristiques	Unités	Radar 1	Radar 2	Radar 3	Radar 4	Radar 5	Radar 6	Radar 7	Radar 8	Radar 9
Fonction		Instrumentation	Instrumentation	Instrumentation	Instrumentation	Instrumentation	Recherche en surface et recherche aérienne	Multifonction Recherche en surface et recherche aérienne	Recherche en imagerie de la Terre	Recherche
Type de plate-forme (aéroportée, à bord d'un navire au sol)		Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	Au sol	A bord d'un navire	A bord d'un navire	Aéroportée	Aéroportée
Plage d'accord	MHz	5 300	5 350-5 850	5 350-5 850	5 400-5 900	5 400-5 900	5 300	5 450-5 825	5 300	5 250-5 725
Modulation		Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Impulsion/ Impulsion chirp	Impulsion chirp	Linéaire MF	Aucune	Linéaire/non linéaire MF	Impulsions à ondes entretenues
Puissance d'émission à l'antenne	kW	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285	1 ou 16	0,1-0,4
Largeur d'impulsion	µs	1,0	0,25, 1,0, 5,0	0,25, 0,5, 1,0	0,25-1 (pas de modulation) 3,1-50 (chirp)	100	20,0	0,1/0,25/1,0	7 ou 8	1,0
Temps de montée/descente d'impulsion	µs	0,1/0,2	0,02-0,5	0,02-0,05	0,02-0,1	0,5	0,5	0,03/0,05/0,1	0,5	0,05
Taux de répétition des impulsions	pps	3 000	160, 640	160, 640	20-1 280	320	500	2 400/1 200/750	1 000-4 000	200-1 500
Largeur de bande de l'impulsion chirp	MHz	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	4,0	8,33	1,5	Non communiquée	62, 124	Non communiquée
Largeur de bande de l'émission RF	MHz	4,0 10,0	0,5-5	0,9-3,6 6,4-18	0,9-3,6 6,4-18	8,33 9,9	1,5 1,8	5,0/4,0/1,2 16,5/12,5/7,0	62, 124 65, 130	4,0 10,0
Type de diagramme d'antenne (antenne à faisceau en pinceau, à faisceau en éventail, à faisceau en cosécante carrée, etc.)		En pinceau	En pinceau	En pinceau	En pinceau	En pinceau	En cosécante carrée	En éventail	En éventail	En pinceau

TABLEAU 2 (suite)

Caractéristiques	Unités	Radar 1	Radar 2	Radar 3	Radar 4	Radar 5	Radar 6	Radar 7	Radar 8	Radar 9
Type d'antenne (antenne à réflecteur, antenne-réseau à commande de phase, antenne-réseau à fente, etc.)		Réflecteur parabolique	Parabolique	Parabolique	A commande de phase	A commande de phase	Parabolique	Antenne cornet à ondes progressives	Deux cornets à polarisation double sur support unique	Antenne-réseau à fente
Polarisation d'antenne		Verticale/circulaire lévogyre	Verticale/circulaire lévogyre	Verticale/circulaire lévogyre	Verticale/circulaire lévogyre	Verticale/circulaire lévogyre	Horizontale	Horizontale	Horizontale et verticale	Circulaire
Gain du faisceau principal (dBi)	dBi	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	30-40
Ouverture de faisceau en élévation	degrés	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	2-4
Ouverture de faisceau en azimut	degrés	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	2-4
Vitesse de balayage horizontale	degrés/s	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	36, 72	90	Non communiquée	20
Type de balayage horizontal (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Continu 360	Sectoriel 30-270	Fixe par rapport à la gauche ou la droite de la trajectoire de vol	Continu
Vitesse de balayage verticale	degrés/s	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée (poursuite)	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée
Type de balayage vertical (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué (poursuite)	Non communiqué	Fixe	Fixe en élévation (-20 à -70)	Non communiqué
Niveau de lobes latéraux (1er lobe et lobes distants)	dB	-20	-20	-20	-22	-22	-20	-25	-22	-25
Hauteur de l'antenne	m	20	20	8-20	20	20	40	40	Jusqu'à 8 000	9 000

TABLEAU 2 (suite)

Caractéristiques	Unités	Radar 1	Radar 2	Radar 3	Radar 4	Radar 5	Radar 6	Radar 7	Radar 8	Radar 9
Largeur de bande à 3 dB IF du récepteur	MHz	1	4,8, 2,4, 0,25	4, 2, 1	2-8	8	1,5	1,2, 10	90, 147	1
Facteur de bruit du récepteur	dB	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
Signal discernable minimal	dBm	-105	-107	-100	-107, -117	-100	-107	94 (impulsion courte/moyenne) -102 (impulsion large)	-90, -87	-110

TABLEAU 2 (suite)

Caractéristiques	Unité	Radar 10	Radar 10A	Radar 11	Radar 12	Radar 13	Radar 14	Radar 14A	Radar 15
Fonction		Recherche en surface et aérienne	Recherche en surface et aérienne	Radiolocalisation	Radiolocalisation	Radiolocalisation	Radiolocalisation	Radiolocalisation	Radiolocalisation
Type de plate-forme (aéroportée, à bord d'un navire, au sol)		A bord d'un navire/au sol	Au sol (bistatique)	Au sol	A bord d'un navire	Au sol	Au sol	Au sol (bistatique)	Au sol
Plage d'accord	MHz	5 250-5 875	5 250-5 875	5 250-5 350	5 400-5 900	5 450-5 850	5 300-5 800	5 300-5 800	5 400-5 850
Modulation		Biphasée code Barker	Biphasée code Barker	Impulsions codées	Impulsions codées	A impulsions, non cohérente	Non communiqué	Non communiqué	Impulsions non modulées
Puissance d'émission à l'antenne	kW	90	90	0,400	25	750	50	50	1 000
Largeur d'impulsion	us	0,30-14,0	0,30-14,0	0,08	0,32	1	Non communiquée	Non communiquée	.25-1
Montée/descente d'impulsion	us	0,04-0,1	0,04-0,1	.03/.03	.015/.035	.108/.216	.100/.100	.100/.100	.150/.200
Taux de répétition des impulsions	pps	4 000-5 000	4 000-5 000	5 000	8 000	160-1 280	Non communiqué	Non communiqué	160 - 640
Largeur de bande des impulsions chirp	MHz	1,5	1,5	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée
Largeur de bande d'émission RF -3 dB -20 dB	MHz	4 12 20 à -40 dB	4 12 20 à -40 dB	6 11	1,55 20	.8 4.1	470 490	470 490	1,8 10
Type de diagramme d'antenne (antenne à faisceau en pinceau, à faisceau en éventail, à faisceau en cosécante carrée, etc.)		En éventail	En éventail	Non communiqué	Non communiqué	En pinceau	En pinceau	En pinceau	Non communiqué
Type d'antenne (antenne à réflecteur, antenne-réseau à commande de phase, antenne-réseau à fente, etc.)		Passive à commande de phase	Passive à commande de phase	A commande de phase	A commande de phase	Parabolique	A commande de phase	A commande de phase	Cornet

TABLEAU 2 (suite)

Caractéristiques	Unité	Radar 10	Radar 10A	Radar 11	Radar 12	Radar 13	Radar 14	Radar 14A	Radar 15
Polarisation d'antenne		Horizontale	Horizontale	Verticale	Verticale	Verticale rectiligne	Non communiquée	Non communiquée	Verticale rectiligne
Gain du faisceau principal	dBi	33 (<55)	33 (<55)	16	25	42,94	40	40	42
Ouverture de faisceau en élévation	degrés	7	7	12,5	26	2,5	2,5	2,5	1,2
Ouverture de faisceau en azimut	degrés	1,8	1,8	12,5	2	2,5	2,5	2,5	1,2
Vitesse de balayage horizontale	degrés/s	6-60	6-60	Non communiquée	Non communiquée	25	30	30	Variable - 45
Type de balayage horizontal (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	360	360	Non communiqué	360	360	360	360	360
Vitesse de balayage verticale	degrés/s	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	25	Non communiquée	Non communiquée	variable - 45
Type de balayage vertical (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	Pointage électronique	Non communiqué	Pointage électronique	Pointage électronique	Non communiqué
Niveau de lobes latéraux (1er latéral et lobes éloignés)	dB	-29	-29	Non communiqué	Non communiqué	-8,7	-40	-40	-22
Hauteur de l'antenne	m	45	30	Non communiquée	30	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée
Largeur de bande à 3 dB IF du récepteur	MHz	11	11	10	7	2,75	Non communiquée	Non communiquée	20
Facteur de bruit du récepteur	dB	3	3	10	4	3	4	4	2,3
Signal discernable minimal	dBm	-115	-115	-111	-116	-107	-100	-100	-112

TABLEAU 2 (suite)

Caractéristiques	Unité	Radar 16	Radar 17	Radar 18	Radar 19	Radar 20	Radar 21	Radar 22	Radar 23
Fonction		Radionavigation aéronautique	Multifonctions	Multifonctions	Multifonction	Multifonctions	Multifonctions	Multifonctions	Multifonctions
Type de plate-forme (aéroportée, à bord d'un navire, au sol)		Aéroportée	Aéroportée	Au sol	Au sol	A bord d'un navire	Au sol/à bord d'un navire	Recherche en surface et recherche aérienne, au sol sur véhicule	Recherche au sol sur véhicule
Plage d'accord	MHz	5 440	5 370	5 600-5 650	5 300-5 700	5 400-5 700	5 300-5 750	5 400-5 850	5 250-5 850
Modulation		Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Impulsions non modulées	Impulsions non modulées	Non communiquée	Impulsion codée/code Barker/sauts de fréquence	Impulsion codée/code Barker/sauts de fréquence
Puissance d'émission à l'antenne	kW	0,200 (valeur de crête)	70 (valeur de crête)	7,5	250	350	300-400 (valeur de crête)	12 (valeur de crête)	70
Largeur d'impulsion	us	1-20	6,0	0.0005-0.20	0,8 à 2,0	2	.05..4.0	4,0-20,0	3,5/6,0/1,0
Montée/descente d'impulsion	us	0,1	0,6	0,0005/0,0005	0,08	.096/0,33	0,1	0,2	0,3
Taux de répétition des impulsions	pps	180-1 440	200	3 000	250-1 180	250-500	200-1 300	1 000-7 800	2 500-3 750
Largeur de bande des impulsions chirp	MHz			Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée	Non communiquée
Largeur de bande d'émission RF -3 dB -20 dB	MHz			2 15	1,25 8,3	0,4 2,88	Non communiquée	5 Non communiquée	5 Non communiquée
Type de diagramme d'antenne (antenne à faisceau en pinceau, à faisceau en éventail, à faisceau en cosécante carrée, etc.)		En pinceau	En éventail	En pinceau	En pinceau	En pinceau	Conique	En pinceau	En pinceau
Type d'antenne (antenne à réflecteur, antenne-réseau à commande de phase, antenne-réseau à fente, etc.)		Antenne-réseau à fente	Parabolique	Réflecteur parabolique	Réflecteur parabolique	Réflecteur parabolique	Parabolique	A commande de phase	A commande de phase

TABLEAU 2 (*fin*)

Caractéristiques	Unité	Radar 16	Radar 17	Radar 18	Radar 19	Radar 20	Radar 21	Radar 22	Radar 23
Polarisation d'antenne		Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Verticale	Verticale	Horizontale
Gain du faisceau principal	dBi	34	37,5	38,5	44,5	40	44,5	35	31,5
Ouverture de faisceau en élévation	degrés	3,5	4,1	2,2	1	1,7	2,0	30	30
Ouverture de faisceau en azimut	degrés	3,5	1,1	2,2	1	1,7	2,0	2	2
Vitesse de balayage horizontale	degrés/s	20	24	3,4	Variable	6	36	Variable	Variable
Type de balayage horizontal (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	Continu	180 Sectoriel	360	Non communiqué	360	360	360	360 sectoriel
Vitesse de balayage verticale	degrés	45	Non communiquée	6,5	Variable	Non communiquée	3	Non communiquée	Non communiquée
Type de balayage vertical (continu, aléatoire, 360°, sectoriel, etc.)	degrés	Sectoriel	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	30	Sectoriel	Sectoriel
Niveau de lobes latéraux (1er latéral et lobes éloignés)	dB	-31	-20	-31	-25	-29	-30	-40	-30
Hauteur de l'antenne	m	Altitude de l'aéronef	Altitude de l'aéronef	10	10	10	10..40	10	6-13
Largeur de bande à 3 dB IF du récepteur	MHz	1,0	0,6	3	0,75	0,5	0,8	4	5
Facteur de bruit du récepteur	dB	5	6	4	3	2	3	5	13
Signal discernable minimal	dBm	-109	-106	-123	-109	-115	-120	-103	-108

3 Caractéristiques opérationnelles

3.1 Radars de radionavigation aéronautique

Les radars fonctionnant dans le SRNA dans la bande de fréquences 5 350-5 460 MHz sont principalement des systèmes aéroportés utilisés pour la sécurité en vol. Il s'agit de radars de détection météorologique et d'évitement des intempéries, qui fonctionnent en permanence pendant le vol, et de radars de détection des cisaillements du vent, qui entrent automatiquement en action lorsque l'aéronef descend au-dessous de 2 400 (732 m) pieds. Ces deux types de radar ont des caractéristiques proches; il s'agit principalement de radars frontaux qui balayent un certain volume autour du trajet de vol de l'aéronef. Ces systèmes effectuent automatiquement un balayage sur une plage d'azimuts et d'élévations donnée et sont généralement réglables manuellement (mécaniquement) en élévation par le pilote (si celui-ci désire diverses «coupes» en élévation pour prendre des décisions en matière de navigation).

3.2 Radars de radiolocalisation

De nombreux types de radar ayant des fonctions différentes sont utilisés par le service de radiolocalisation dans toute la gamme de fréquences 5 250-5 850 MHz. Le Tableau 2 contient les caractéristiques techniques de plusieurs types de radar représentatifs utilisant des fréquences qui permettent notamment d'évaluer la compatibilité entre les radars de localisation et les systèmes d'autres services. L'emploi opérationnel de ces radars est brièvement examiné dans le texte qui suit.

Les radars de mesure utilisés sur les pas de tir fournissent des données très précises sur la position de véhicules spatiaux au lancement et de véhicules aéronautiques soumis à des essais de développement et à des essais opérationnels. Ces radars se caractérisent par de grandes puissances d'émission et des antennes de type réflecteurs paraboliques à grande ouverture avec des faisceaux ponctuels très étroits. Ces radars ont des antennes d'autopoursuite qui suivent la cible sur écho naturel ou sur répondeur (à noter que les balises radars, non mentionnées dans les tableaux, généralement réglables sur la gamme de fréquences de 5 400 à 5 900 MHz, ont des puissances d'émission de l'ordre de 50 à 200 W en crête et servent à retransmettre le signal radar reçu). Les périodes de fonctionnement s'étendent de quelques minutes à 4 ou 5 heures selon le programme d'essai. Les opérations sont effectuées à intervalles programmés, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Les radars de surveillance maritime et aérienne embarqués à bord de navires sont utilisés pour la protection des navires; ils fonctionnent en permanence pendant que le navire fait route et à l'entrée et à la sortie des zones portuaires. Ils fonctionnent en permanence pendant que le navire se déplace en fonction du plan de route du navire et de la disponibilité. Ces radars effectuent diverses missions – protection de l'environnement marin, vérification de la bonne application de la législation dans les ports et les eaux intérieures, sécurité des côtes, assistance humanitaire et/ou intervention en cas de catastrophe, recherche et de sauvetage – et doivent repérer de très petites cibles, par exemple des avions légers, des canots de sauvetage, des canots pneumatiques ou des personnes à la mer avec des gilets de sauvetage. Ils utilisent généralement des puissances d'émission moyennement élevées et des antennes qui balayent électroniquement en élévation et mécaniquement de 360° en azimut. Il peut arriver que plusieurs navires utilisent ces radars simultanément dans une même zone géographique.

D'autres radars pour applications spéciales sont également utilisés dans la bande de fréquences 5 250-5 850 MHz. Le radar Q (Tableau 3) est un radar aéroporté à ouverture synthétique servant à la cartographie et à l'imagerie du sol, aux études environnementales et d'occupation des sols, et d'autres activités de recherche connexes. Ils sont utilisés en continu à diverses altitudes et avec des angles vers le bas variables, pendant des périodes dont la durée, qui peut atteindre des heures, dépend de la nature de chaque campagne de mesure.

4 Critères de protection

L'effet désensibilisant produit par un brouillage de type onde entretenue ou à caractère de bruit sur les radars exploités dans cette bande peut être prévu en fonction de son intensité. Dans tout secteur en azimut dans lequel se produit un tel brouillage, sa puissance surfacique peut être simplement ajoutée à la puissance surfacique du bruit thermique du récepteur radar, avec une approximation raisonnable. Si la puissance surfacique du bruit du récepteur radar en l'absence de brouillage est désignée N_0 et celle du brouillage de type bruit I_0 , la puissance surfacique effective résultante est simplement $I_0 + N_0$. Une augmentation d'environ 1 dB dans le cas des radars de radiolocalisation, sauf les radars de météorologie au sol, constituerait une dégradation notable. Une telle augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ de 1,26, soit un rapport I/N d'environ -6 dB. Dans le cas des radars de radionavigation et de météorologie¹, qui ont une fonction de sécurité de la vie, une augmentation d'environ 0,5 dB constitue une dégradation importante. Une telle augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ d'environ -10 dB. Toutefois, il faut un complément d'étude pour valider cette valeur. Ces critères de protection représentent l'effet de l'ensemble des brouilleurs s'il y en a plusieurs; le rapport I/N tolérable d'un brouilleur donné dépend du nombre de brouilleurs et de leur géométrie et doit être évalué pendant l'analyse d'un scénario donné.

Le facteur d'agrégation peut être considérable dans le cas de certains systèmes de communication qui peuvent utiliser un grand nombre de stations.

L'effet du brouillage pulsé est plus difficile à quantifier et dépend fortement de la conception du récepteur/processeur et de son mode de fonctionnement. Ce sont en particulier les gains de traitement différentiel pour un retour de cible valable, à impulsions synchrones, et les impulsions de brouillage qui sont généralement asynchrones, qui ont souvent des effets importants sur l'impact de niveaux donnés de brouillage pulsé. Plusieurs formes différentes de dégradation des performances peuvent résulter d'une telle désensibilisation. Son évaluation sera un objectif pour l'analyse des interactions entre différents types de radar. De manière générale, de nombreuses caractéristiques des radars de radiorepérage devraient contribuer à supprimer les brouillages pulsés en cas de faible coefficient d'utilisation, surtout en provenance de quelques sources isolées. Les techniques de suppression des brouillages pulsés en cas de faible coefficient d'utilisation sont contenues dans la Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage.

¹ Les critères de protection applicables aux radars de météorologie au sol sont donnés dans la Recommandation UIT-R M.1849.

5 Techniques de réduction du brouillage

Généralement, la compatibilité réciproque entre les radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et les radars de radionavigation aéronautique est facilitée par le balayage des faisceaux d'antenne qui limite le couplage des faisceaux principaux. Une réduction supplémentaire est permise par les différences entre les ondes des deux types de radar et le rejet associé des impulsions brouilleuses au moyen du filtrage du récepteur et de techniques de traitement du signal telles que la limitation, la commande cyclique du gain et l'intégration du signal. Par ailleurs, le brouillage peut être atténué grâce à l'écartement des fréquences porteuses ou à la discrimination dans le temps, supposant l'utilisation de techniques de rejet/suppression d'impulsions asynchrones. Dans les interactions de radar à radar, la séparation en fréquence n'est pas toujours nécessaire pour obtenir la compatibilité, étant donné que des découplages importants de puissance et de temps se produisent naturellement ou peuvent être obtenus par une conception adéquate. Des précisions supplémentaires sur les techniques de réduction des brouillages utilisées dans les systèmes radars sont contenues dans la Recommandation UIT-R M.1372.
