|  |
| --- |
| **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 nécessaire 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 exposées 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 radiorepérage 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 géographqiue 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



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 | –3 dB  –20 dB | 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 |
| 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*)

| Charactéristiques | 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 | Radiolocali-sation | Radiolocali-sation |
| 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 –3 dB d'émission RF –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*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Charactéristiques | 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 | Coniquel | 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 balaient 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 météorologie[[1]](#footnote-1), 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.

# 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.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Les critères de protection applicables aux radars de météorologie au sol sont donnés dans la Recommandation UIT-R M.1849. [↑](#footnote-ref-1)