

## RECOMMANDATION UIT-R M.1463\*

**CARACTÉRISTIQUES ET CRITÈRES DE PROTECTION DES RADARS  
FONCTIONNANT DANS LE SERVICE DE RADIOREPÉRAGE DANS  
LA BANDE DE FRÉQUENCES 1215-1400 MHz**

(Question 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 les bandes de fréquences 1 215-1 300 MHz et 1 350-1 400 MHz sont attribuées à titre primaire au service de radiolocalisation et que la bande de fréquences 1 300-1 350 MHz est attribuée à titre secondaire au service de radiolocalisation;
- j) que la bande de fréquences 1 300-1 350 MHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation aéronautique, limité aux radars au sol et aux transpondeurs embarqués associés;
- k) que la bande de fréquences 1 215-1 300 MHz est attribuée additionnellement à titre primaire au service de radionavigation dans un grand nombre de pays;
- l) que la bande de fréquences 1 215-1 260 MHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation par satellite (espace vers Terre);
- m) que la bande de fréquences 1 215-1 300 MHz est attribuée à titre primaire au service d'exploration de la Terre par satellite (active) et le service de recherche spatiale (active);
- n) que la bande de fréquences 1 350-1 400 MHz est attribuée à titre primaire aux services fixe et mobile dans la Région 1 et que la bande de fréquences 1 215-1 300 MHz est de plus attribuée à titre primaire aux services fixe et mobile dans les pays énumérés dans le numéro S5.330 du RR,

---

\* La présente Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 7 des radiocommunications et à l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

*recommande*

- 1 que, les caractéristiques techniques et d'exploitation des radars de radiorepérage décrits à l'Annexe 1 soient considérées comme représentatives des systèmes fonctionnant dans la bande 1 215-1 400 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 que, en cas de brouillage continu (et non d'un brouillage par impulsions), 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 radars de radiorepérage et représente le niveau de protection net si plusieurs brouilleurs sont présents;
- 4 que, en cas de brouillage par impulsions, le critère utilisé soit basé sur une analyse au cas par cas, en tenant compte des caractéristiques de train d'impulsions non désirées et, dans la mesure du possible, du traitement du signal dans le récepteur radar.

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

## ANNEXE 1

**Caractéristiques techniques et d'exploitation des radars de radiorepérage fonctionnant dans la bande de fréquences 1 215-1 400 MHz****1 Introduction**

Les caractéristiques des radars de radiorepérage fonctionnant partout dans le monde dans la bande 1 215-1 400 MHz sont indiquées au Tableau 1 et sont traitées en détail dans les paragraphes suivants. Le § 4 de la présente Annexe est consacré en particulier aux caractéristiques des radars profileurs de vent.

**2 Caractéristiques techniques**

La bande 1 215-1 400 MHz est utilisée par plusieurs types différents de radars sur plates-formes transportables et fixes au sol. Les fonctions de radiorepérage exécutées dans cette bande de fréquences comprennent la surveillance et la poursuite à grande distance. On peut supposer que les fréquences d'exploitation de ces radars se répartissent uniformément dans la bande 1 215-1 400 MHz. Le Tableau 1 indique les caractéristiques techniques de radars types de radiolocalisation et de radionavigation fonctionnant dans la bande 1 215-1 400 MHz.

**2.1 Emetteurs**

Les radars fonctionnant dans la bande en question utilisent différents types de modulation comprenant les impulsions à ondes entretenues, à modulation de fréquence et codées en phase. Des dispositifs de sortie à champs croisés, à faisceau linéaire et à semi-conducteur sont utilisés aux derniers étages des émetteurs. Les nouveaux systèmes radar ont tendance à employer des dispositifs de sortie à faisceau linéaire et à semi-conducteur en raison des exigences du traitement du signal Doppler. Par ailleurs, les radars utilisant des dispositifs de sortie à semi-conducteur ont une puissance de sortie de crête de l'émetteur plus faible et un coefficient d'utilisation d'impulsion plus élevé, atteignant 50% lorsqu'ils fonctionnent sur un canal unique (un canal unique peut être constitué de trois ou quatre fréquences discrètes dans une largeur de bande de 10 MHz). La tendance est également à l'utilisation de systèmes radar agiles en fréquence permettant de supprimer ou de réduire le brouillage.

Les largeurs de bande types des émissions RF des radars fonctionnant dans la bande de fréquences 1 215-1 400 MHz sont comprises entre 0,5 et 2,5 MHz. Les puissances de sortie de crête des émetteurs sont comprises entre 45 kW (76,5 dBm), pour les émetteurs à semi-conducteur, et 5 MW (97 dBm), pour les radars à grande puissance utilisant des klystrons.

**2.2 Récepteurs**

Les systèmes radar de nouvelle génération utilisent un système de traitement numérique du signal après détection pour le traitement des données de télémétrie, d'azimut et Doppler. Les systèmes de traitement du signal utilisent généralement des techniques permettant d'améliorer la détection des cibles utiles et d'afficher les symboles des cibles sur l'écran. Les

techniques de traitement du signal utilisées pour la surbrillance et l'identification des cibles utiles permettent également de supprimer le brouillage par des signaux à faible cycle d'utilisation (moins de 5%), c'est-à-dire non synchronisés avec le signal désiré.

En outre, les systèmes de traitement du signal des radars de nouvelle génération utilisant des impulsions modulées en fréquence et modulées en phase permettent un gain de traitement du signal utile et éventuellement la suppression des signaux inutiles.

Certains émetteurs à semi-conducteur de faible puissance récents utilisent un système de traitement du signal à coefficient d'utilisation élevé et à plusieurs récepteurs pour améliorer les retours des signaux utiles. Certains récepteurs radar peuvent identifier des canaux RF qui ont des signaux brouilleurs faibles et obliger l'émetteur à émettre sur ces canaux RF.

### 2.3 Antennes

Différents types d'antennes sont utilisés sur les radars fonctionnant dans la bande 1 215-1 400 MHz. Les radars de nouvelle génération à antenne de type réflecteur possèdent plusieurs cornets. On utilise des cornets doubles à l'émission et à la réception pour améliorer la détection en fouillis de surface. Les radars tridimensionnels emploient des antennes à réflecteur, à faisceaux empilés et à plusieurs cornets. Les antennes à plusieurs cornets réduisent le niveau de brouillage. Des antennes à balayage électronique réparties, équipées de modules d'émission/réception, sont également utilisées sur certains radars dans la bande 1 215-1 400 MHz. En outre, les radars utilisant des antennes à balayage électronique ont généralement des niveaux dans les lobes latéraux inférieurs à ceux des antennes de type réflecteur et un faisceau d'exploration en élévation plus petit.

Etant donné que les radars fonctionnant dans la bande 1 215-1 400 MHz assurent des fonctions de recherche, de poursuite et de surveillance à grande distance, les antennes balayent un angle de 360° dans le plan horizontal. On utilise les polarisations horizontale, verticale et circulaire.

TABLEAU 1

Caractéristiques des systèmes de radiorepérage dans la bande 1 215-1 400 MHz

Paramètre	Système 1	Système 2	Système 3	Système 4
Puissance de crête fournie à l'antenne (dBm)	97	80	76,5	80
Durée d'impulsion (µs)	2	88,8; 58,8 (Note 1)	0,4; 102,4; 409,6 (Note 2)	Fréquence unique de 39, fréquence double de 26 et 13 (Note 3)
Fréquence de répétition des impulsions (pps)	310-380 avec décalage	291,5 ou 312,5 en moyenne	200-272 longue portée 400-554 courte portée	774 en moyenne
Largeur de bande pour des impulsions à modulations de fréquence	Sans objet	770 kHz pour chaque largeur d'impulsion	2,5 MHz pour 102,4 µs 625 kHz pour 409,6 µs	Sans objet
Largeur de sous-impulsion codée en phase (µs)	Sans objet			1
Rapport de compression	Sans objet	68,3:1 et 45,2:1	256:1 pour les deux impulsions	
Largeur de bande d'émission RF (3 dB) (MHz)	0,5	1,09	2,2; 2,3; 0,58;	1
Organe de sortie	Klystron	Transistor		Amplificateur à champs croisés

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	Système 1	Système 2	Système 3	Système 4
Type d'antenne	Réflecteur alimenté par cornet	Réflecteur à faisceaux empilés	Antenne rotative à balayage électronique	Cylindre parabolique
Polarisation d'antenne	Horizontale, verticale, circulaire gauche, circulaire droite	Verticale, circulaire	Horizontale	Verticale
Gain maximum d'antenne (dBi)	34,5 en émission 33,5 en réception	32,4-34,2 en émission, 31,7-38,9 en réception	38,9 en émission 38,2 en réception	32,5
Ouverture angulaire en élévation du faisceau de l'antenne (degrés)	3,6 pointant à 44	3,63-5,61 en émission 2,02-8,79 en réception	1,3	4,5 pointant à 40
Ouverture angulaire en azimut du faisceau de l'antenne (degrés)	1,2	1,4	3,2	3,0
Caractéristiques relatives au balayage horizontal de l'antenne (rpm)	Balayage mécanique de 360° à raison de 5 rpm		Balayage mécanique de 360° à raison de 6 rpm pour systèmes à longue portée et à raison de 12 rpm pour systèmes à courte portée	Balayage mécanique de 360° à raison de 6, 12 ou 15 rpm
Caractéristiques relatives au balayage vertical de l'antenne (rpm)	Sans objet	-7° à +30° en 12,8 ou 13,7 ms	-1° à +19° en 73,5 ms	Sans objet
Largeur de bande FI du récepteur	780 kHz	0,69 MHz	4,4 à 6,4 MHz	1,2 MHz
Facteur de bruit du récepteur (dB)	2		4,7	3,5
Type de plate-forme	Fixe		Transportable	
Pourcentage de temps pendant lequel le système fonctionne (%)	100			

NOTE 1 – Le radar possède 44 paires de canaux RF dont une sélectionnée en mode normal. La forme d'onde transmise est composée d'une impulsion de 88,8  $\mu$ s pour une fréquence  $f_1$  suivie d'une impulsion de 58,8  $\mu$ s pour une fréquence  $f_2$ . L'écart entre  $f_1$  et  $f_2$  est de 82,854 MHz.

NOTE 2 – Le radar possède 20 canaux RF par pas de 8,96 MHz. Le groupe de formes d'onde transmises est composé d'une impulsion P0 de 0,4  $\mu$ s (facultative) suivie d'une impulsion modulée linéairement en fréquence de 102,4  $\mu$ s (si l'impulsion P0 de 0,4  $\mu$ s n'est pas transmise) avec des signaux à 2,5 MHz. Cette impulsion peut être suivie d'un groupe d'une à quatre impulsions modulées linéairement en fréquence de longue durée (409,6  $\mu$ s), chacune étant modulée à 625 kHz et transmise sur différentes porteuses séparées par une fréquence de 3,75 MHz. Le mode normal de fonctionnement utilise l'agilité de fréquence au moyen de laquelle les différentes fréquences de chaque groupe de formes d'onde sont sélectionnées d'une manière pseudo-aléatoire parmi l'un des 20 canaux RF possibles dans la bande 1 215-1 400 MHz.

NOTE 3 – Le radar peut utiliser une fréquence unique ou une fréquence double. Les canaux RF doubles sont séparés par une fréquence de 60 MHz. Le mode de canal unique utilise la largeur d'impulsion de 39  $\mu$ s. Dans le mode de canal double, l'impulsion de 26  $\mu$ s, transmise à la fréquence  $f$ , est suivie de l'impulsion de 13  $\mu$ s transmise à  $f+60$  MHz.

### 3 Critères de protection

L'effet de désensibilisation des radars de radiopérage du 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 radiopérage 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 radiopérage.

### 4 Radars profileurs de vent

Un radar profileur de vent est un radar Doppler qui utilise les échos des turbulences en air clair pour mesurer la vitesse du vent à partir du sol. Les turbulences en air clair provoquent la fluctuation de l'indice de réfraction de l'ordre d'une demi-longueur d'onde radar (diffusion de Bragg). Un radar profileur de vent utilise un certain nombre de faisceaux d'antenne pointant vers le ciel. On mesure la vitesse du vent le long du faisceau radar à partir du décalage Doppler dans la direction du faisceau de l'antenne. Si l'on suppose que le champ du vent est homogène horizontalement, on peut mesurer les trois composantes d'un vecteur vent par au moins trois faisceaux différents. La portée efficace des radars dépend de la puissance d'émission, des dimensions de l'antenne et de la fréquence ainsi que des variations du coïndice de l'atmosphère.

Les radars profileurs de vent utilisent actuellement plusieurs fréquences, dont 50 MHz, 400 MHz, 900 MHz et 1 300 MHz, chacune présentant des avantages et des inconvénients. Les systèmes à grande ouverture d'antenne fonctionnant au voisinage de 400 MHz servent généralement à mesurer la vitesse du vent en haute troposphère ou en basse stratosphère. Quant aux systèmes fonctionnant dans des bandes situées au voisinage de 900 MHz ou au-dessus, ils ne peuvent prendre des mesures qu'à une altitude de plusieurs kilomètres mais offrent les avantages suivants: une antenne compacte et une plus petite zone aveugle en distance. Ces systèmes sont donc plus indiqués pour des mesures de la vitesse du vent en couche limite et pour une mise en oeuvre à faible coût. Le Tableau 2 indique les caractéristiques des radars profileurs de vent fonctionnant plus particulièrement dans la gamme de fréquences 1 300-1 375 MHz. La Recommandation UIT-R M.1227 fournit des renseignements supplémentaires sur les radars profileurs de vent fonctionnant dans des bandes situées au voisinage de 1 000 MHz.

TABLEAU 2

**Caractéristiques des radars profileurs de vent fonctionnant  
dans la bande 1 300-1 375 MHz**

Paramètre	Valeur
Puissance de crête fournie à l'antenne	1 kW (60 dBm)
Durée d'impulsion (µs)	0,5; 1; 2
Fréquence de répétition des impulsions (kHz)	1-25
Largeur de bande d'émission RF (MHz)	8
Dispositif de sortie de l'émetteur	Transistor
Type d'antenne	Réflecteur parabolique
Polarisation de l'antenne	Horizontale
Gain maximum de l'antenne (dB)	33,5
Ouverture angulaire en élévation du faisceau de l'antenne (degrés)	3,9
Ouverture angulaire en azimut du faisceau de l'antenne (degrés)	3,9
Balayage horizontal de l'antenne	Sans objet
Balayage vertical de l'antenne	-15° à + 15° (environ 15 s)
Largeur de bande FI du récepteur (MHz)	2,5
Facteur de bruit du récepteur (dB)	1,5
Type de plate-forme	Site fixe
Pourcentage de temps pendant lequel le système fonctionne (%)	100