

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2057-1
(01/2018)

Caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents

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, 2018

© UIT 2018

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.2057-1

Caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents

(2014-2018)

Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans le service de radiolocalisation, dans la bande de fréquences 76-81 GHz. Il convient d'utiliser ces caractéristiques techniques et opérationnelles dans les études de compatibilité entre les radars pour automobiles fonctionnant dans le service de radiolocalisation et les systèmes fonctionnant dans d'autres services.

Mots clés

Caractéristiques, critères de protection, radar pour automobiles, systèmes de transport intelligents

Abréviations/Glossaire

ACC régulateur de vitesse adaptatif (*adaptive cruise control*)

CA anticollision (*collision avoidance*)

FMCW onde entretenue modulée en fréquence (*frequency modulated continuous wave*)

ITS systèmes de transport intelligents (*intelligent transport systems*)

Recommandations et Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R M.1452 – Radars anticollision pour véhicules et systèmes de radiocommunication en ondes millimétriques pour les applications des systèmes de transport intelligents

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il faut définir des caractéristiques d'antenne, de propagation du signal, de détection des cibles et de largeur de bande pour permettre aux radars pour automobiles de remplir leurs fonctions de manière optimale dans certaines bandes de fréquences;
- b) que les caractéristiques techniques des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage sont déterminées par les besoins du système et peuvent varier grandement d'une bande à l'autre;
- c) que des caractéristiques techniques et opérationnelles représentatives des systèmes fonctionnant dans des bandes de fréquences attribuées au service de radiorepérage sont nécessaires pour déterminer s'il est possible de mettre en oeuvre de nouveaux types de systèmes;
- d) 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,

recommande

d'utiliser, pour les études de partage/compatibilité, les caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents (ITS) décrites dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents

1 Introduction

Des systèmes de radars destinés à renforcer la sécurité routière sont exploités dans la bande 76-81 GHz. Vu l'évolution des demandes liées aux applications de sécurité pour automobiles, notamment pour diminuer le nombre d'accidents de la circulation et de décès dans ces accidents, les systèmes de radars pour automobiles doivent avoir une résolution en portée telle qu'une largeur de bande pouvant aller jusqu'à 4 GHz est nécessaire.

2 Caractéristiques techniques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande 76-81 GHz

Sur le plan des exigences de fonctionnement et de sécurité, les systèmes de radars pour automobiles fonctionnant entre 76 et 81 GHz peuvent être classés en deux catégories:

- **Catégorie 1:** Régulateur de vitesse adaptatif (ACC) et radar anticollision (CA), pour une plage de mesure allant jusqu'à 250 m, dont les caractéristiques techniques types sont données dans le Tableau 1 (Radar A). Ces applications nécessitent une largeur de bande continue maximale de 1 GHz. On considère que ces radars prennent en charge des fonctions qui donnent un confort supplémentaire au conducteur en lui permettant d'avoir une conduite plus détendue.
- **Catégorie 2:** Capteurs pour applications à haute résolution comme les systèmes de surveillance d'angles morts, d'aide au changement de file et d'alerte de circulation transversale arrière, détection des piétons et des cyclistes à proximité immédiate d'un véhicule, pour une plage de mesure allant jusqu'à 100 mètres, dont les caractéristiques techniques types sont données dans le Tableau 1 (Radar B, Radar C et Radar D). Ces applications à haute résolution nécessitent une largeur de bande de 4 GHz. Ces radars renforcent directement la sécurité passive et active d'un véhicule et, par conséquent, contribuent de manière essentielle à l'amélioration de la sécurité routière. Il est déjà tenu compte des exigences plus importantes associées à la sécurité active et passive des véhicules dans les exigences relatives aux tests effectués sur des véhicules. Le radar E fonctionne avec un champ de vision plus élevé pour permettre des applications à haute résolution comme la détection des piétons, l'aide au stationnement et le freinage d'urgence à basse vitesse (< 30 km/h).

Les paramètres techniques des systèmes de radars du service de radiolocalisation fonctionnant dans les bandes 76-77 GHz et 77-81 GHz sont présentés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Caractéristiques des radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de 76-81 GHz

Paramètres	Unités	Radar A⁽¹⁾ Radars pour automobiles Pour applications avant, par exemple régulateur ACC	Radar B Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications avant	Radar C Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications d'angles	Radar D Radar à haute résolution pour automobiles	Radar E Radar à haute résolution pour automobiles Applications à très courte portée (par exemple, aide au stationnement, système CA à très basse vitesse)
Sous-bande utilisée	GHz	76-77	77-81	77-81	77-81	77-81
Portée et fonctionnement type	m	Jusqu'à 250	Jusqu'à 100	Jusqu'à 100	Jusqu'à 100	Jusqu'à 50
Résolution	cm	75	7,5	7,5	7,5	7,5
Emission type		FMCW, Fast-FMCW	FMCW, Fast-FMCW	FMCW, Fast-FMCW	FMCW	FMCW, Fast-FMCW
Largeur de bande maximale nécessaire	GHz	1	4	4	4	4
Largeur de bande d'impulsion	GHz	1	2-4	2-4	2-4	2
Temps de balayage type	µs	10 000-40 000 pour des émissions FMCW 10-40 pour des émissions fast-FMCW	10 000-40 000 pour des émissions FMCW 10-40 pour des émissions fast-FMCW	10 000-40 000 pour des émissions FMCW 10-40 pour des émissions fast-FMCW	2 000-20 000 pour des émissions FMCW	10 000-40 000 pour des émissions FMCW 10-40 pour des émissions fast-FMCW
P.i.r.e. maximale	dBm	55	33	33	45	33

TABLEAU 1 (suite)

Paramètres	Unités	Radar A⁽¹⁾ Radars pour automobiles Pour applications avant, par exemple régulateur ACC	Radar B Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications avant	Radar C Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications d'angles	Radar D Radar à haute résolution pour automobiles	Radar E Radar à haute résolution pour automobiles Applications à très courte portée (par exemple, aide au stationnement, système CA à très basse vitesse)
Puissance maximale d'émission en direction de l'antenne	dBm	10	10	10	10	10
Densité de puissance maximale des rayonnements non désirés	dBm/MHz	0 (73,5-76 GHz et 77-79,5 GHz) -30 dans les autres cas	-30	-30	-13 ⁽²⁾	-30
Largeur de bande FI du récepteur (-3 dB)	MHz	0,5-1	10	10	10	10
Largeur de bande FI du récepteur (-20 dB)	MHz	0,5-20	15	15	15	15
Sensibilité du récepteur ⁽³⁾	dBm	-115	-120	-120	-120	-120
Facteur de bruit du récepteur	dB	15	12	12	12	12
Largeur de bande de bruit équivalente	kHz	25	16	16	16	16

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètres	Unités	Radar A(1) Radars pour automobiles Pour applications avant, par exemple régulateur ACC	Radar B Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications avant	Radar C Radar à haute résolution pour automobiles Pour applications d'angles	Radar D Radar à haute résolution pour automobiles	Radar E Radar à haute résolution pour automobiles Applications à très courte portée (par exemple, aide au stationnement, système CA à très basse vitesse)
Gain du faisceau principal de l'antenne	dBi	Type 30, Maximal 45	Emission: 23 Réception: 16	Emission: 23 Réception: 13	Emission: 35 max Réception: 35 max	Emission: 23 Réception: 13
Hauteur de l'antenne	m	0,3-1 au-dessus de la route	0,3-1 au-dessus de la route	0,3-1 au-dessus de la route	0,3-1 au-dessus de la route	0,3-1 au-dessus de la route
Ouverture du faisceau de l'antenne en azimut à 10 dB	degrés	Emission/ Réception: ±10	Emission: ±22,5 Réception: ±25	Emission: ±23 Réception: ±30	Emission: ±30 Réception: ±30	Emission: ±50 Réception: ±50
Ouverture du faisceau de l'antenne en azimut à 3 dB ⁽⁴⁾	degrés	Emission/ Réception: ±5	Emission: ±12,5 Réception: ±13,5	Emission: ±12,5 Réception: ±16	Emission: ±16 Réception: ±16	Emission: ±27 Réception: ±27
Ouverture du faisceau de l'antenne en élévation à -3 dB	degrés	Emission/ Réception: ±3	Emission/ Réception: ±5,5	Emission/ Réception: ±5,5	Emission/ Réception: ±5,5	Emission/ Réception: ±5,5

⁽¹⁾ Le radar de type A est défini par rapport à la Recommandation UIT-R M.1452.

⁽²⁾ La densité maximale de puissance des rayonnements non désirés est spécifiée à la borne d'entrée de l'antenne.

⁽³⁾ La sensibilité du récepteur est déterminée à l'aide de la largeur de bande de bruit équivalente.

⁽⁴⁾ Ce paramètre est utilisé dans le diagramme d'antenne décrit dans le § 3 ci-après (φ_3).

3 Diagramme d'antenne

Les équations suivantes donnent le diagramme de rayonnement d'antenne pouvant être utilisé dans l'analyse des brouillages:

$$G(\varphi, \theta) = G_{ref}(x)$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2 \quad \text{pour } 0 \leq x < 1,152$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 15 - 15 \log(x) \quad \text{pour } 1,152 \leq x$$

avec:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi}\right)$$

$$\Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\theta_3}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3}\right)^2}}$$

$$\Psi = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \theta)$$

$$x = \frac{\Psi}{\Psi_\alpha}$$

où:

- $G(\varphi, \theta)$: gain par rapport à une antenne isotrope (dBi)
- G_0 : gain maximal dans le plan horizontal ou au voisinage de ce plan (dBi)
- θ : valeur absolue de l'angle d'élévation par rapport à l'angle correspondant au gain maximal (degrés)
- θ_3 : ouverture de faisceau d'antenne à 3 dB dans le plan vertical (degrés)
- φ : angle d'azimut par rapport à l'angle de gain maximal (degrés)
- φ_3 : ouverture de faisceau à 3 dB dans le plan azimutal (degrés).

Les diagrammes d'antenne obtenus à partir de ces formules pour les cinq types de radars définis dans le Tableau 1 figurent dans l'Annexe 2.

4 Caractéristiques opérationnelles des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans les bandes 76-77 GHz et 77-81 GHz

Alors qu'elles ne correspondaient qu'à des fonctions offrant un confort supplémentaire, comme le régulateur ACC et le système CA, les applications radars pour automobiles sont en pleine évolution et offrent aujourd'hui des fonctions qui améliorent considérablement la sécurité passive et active des véhicules. L'amélioration de la sécurité nécessite des systèmes capables de détecter des objets dans l'environnement proche du véhicule (une quinzaine de mètres), par exemple des piétons ou des cyclistes. De telles applications ont besoin de capteurs radar ayant une capacité de discrimination des cibles inférieure à 10 cm. Les capteurs radar offrant cette résolution ont besoin d'une largeur de bande de fonctionnement de 4 GHz.

Les capteurs des radars de type A détectent le trafic routier afin d'adapter la vitesse du véhicule à celle des autres véhicules qui le précèdent. En vue de répondre aux demandes relatives au renforcement de la sécurité des véhicules, et en fonction de l'application, il est possible d'associer un ou plusieurs systèmes de radars de type A à d'autres capteurs pour radars de type B, C, D et E dans un seul véhicule. En fonction des renseignements donnés par les capteurs, le système de traitement des données du véhicule déclenchera le radar approprié.

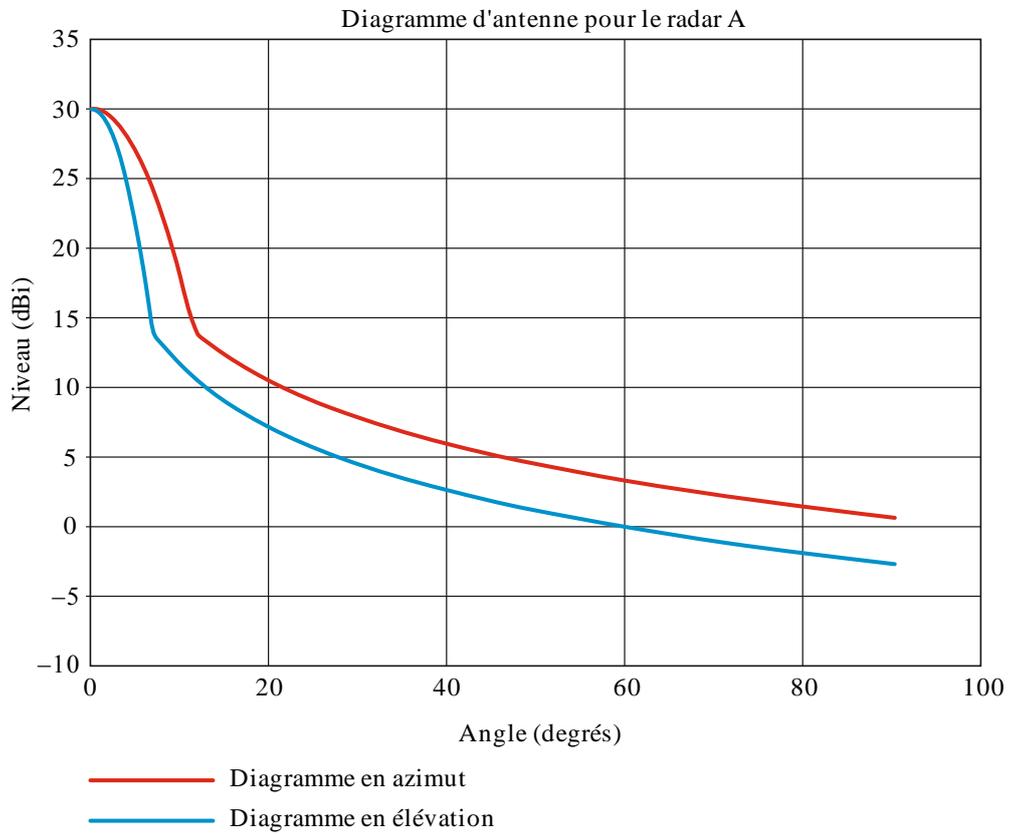
Les capteurs pour radars de type B, C, D et E couvrent l'environnement proche d'un véhicule et permettront de disposer de fonctions additionnelles de sécurité active et passive, par exemple le système de freinage d'urgence autonome, le système de surveillance d'angles morts et l'aide au changement de file.

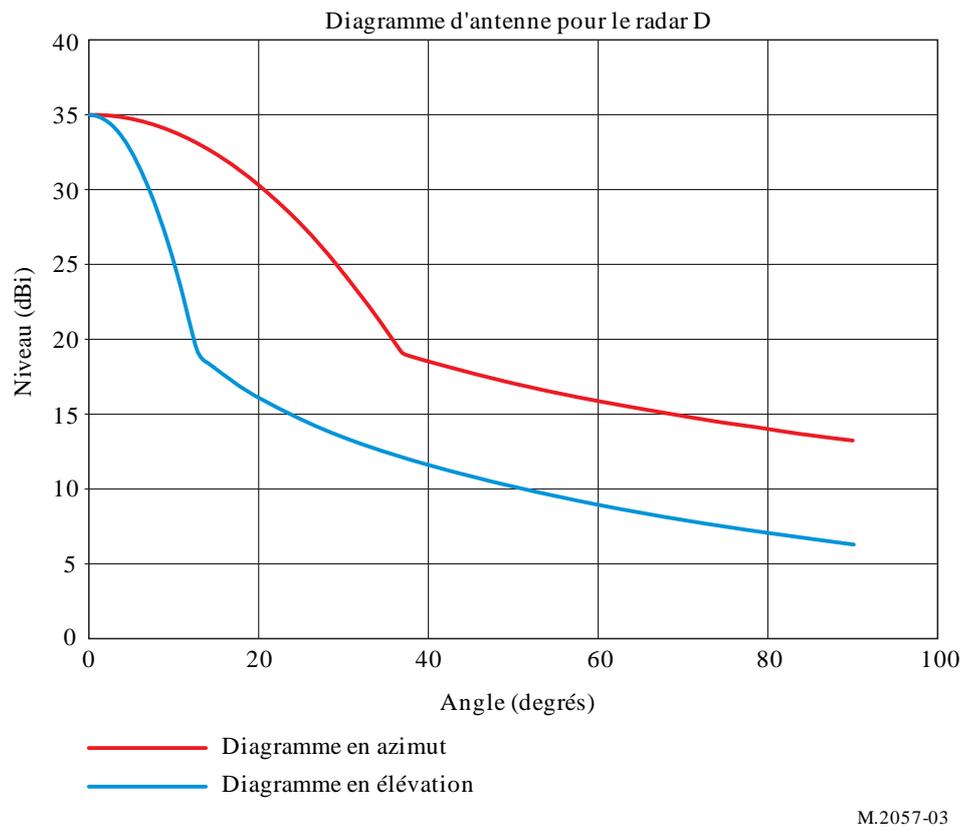
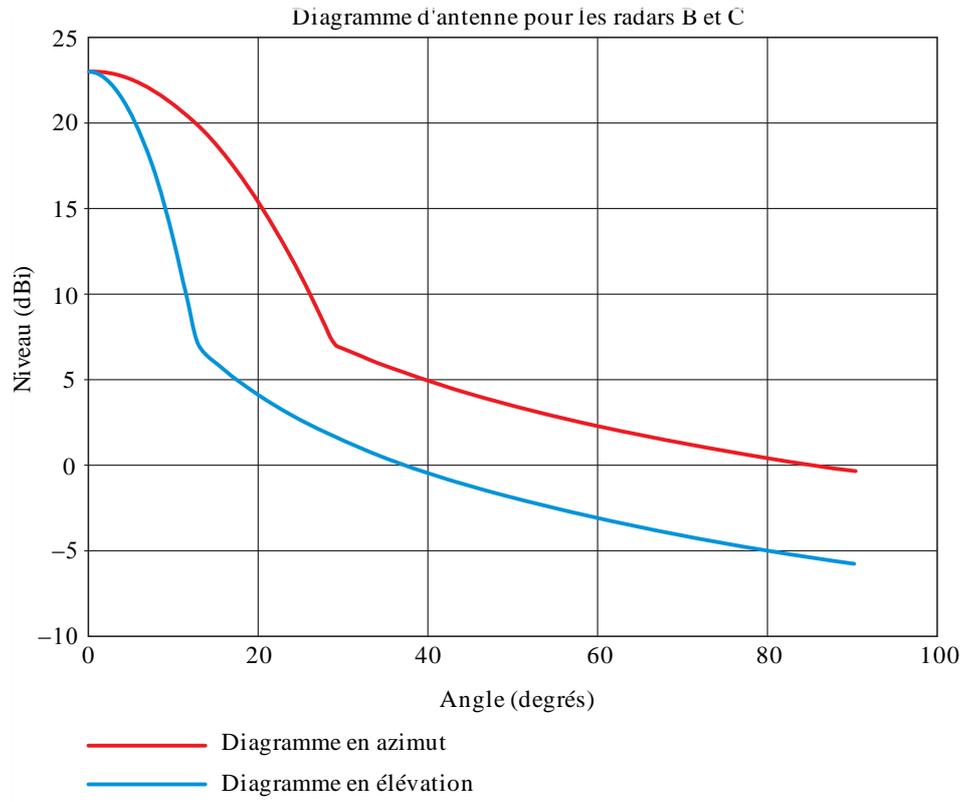
5 Critères de protection

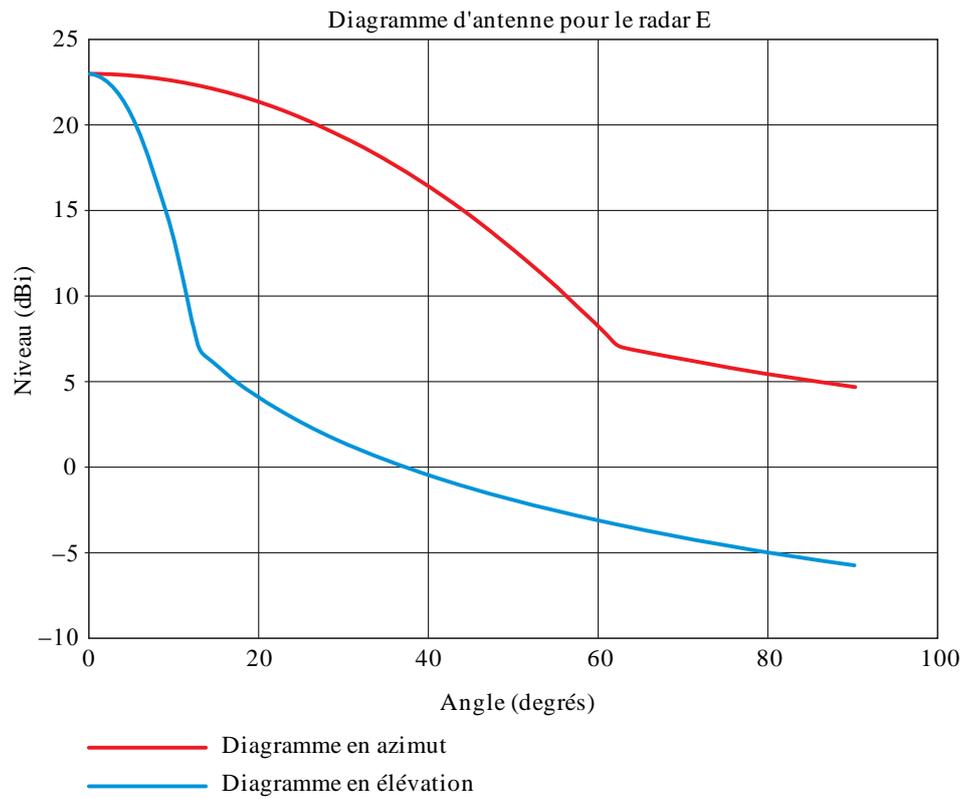
L'effet désensibilisant qu'un brouillage de type onde entretenue, de type onde entretenue modulée en fréquence (FMCW) ou à caractère de bruit a sur les radars exploités dans cette bande peut être prévu en fonction de son intensité. Dans tout secteur en azimut dans lequel se produit un tel brouillage, sa densité spectrale de puissance peut être simplement ajoutée à la densité spectrale de puissance du bruit thermique du récepteur radar, avec une approximation raisonnable. Si la densité spectrale de puissance du bruit du récepteur radar en l'absence de brouillage est désignée N_0 et celle du brouillage de type bruit I_0 , la densité spectrale de puissance surfacique équivalente du bruit qui en découle est simplement $I_0 + N_0$. Une augmentation d'environ 1 dB dans le cas des radars pour automobiles constituerait une dégradation notable. Une telle augmentation correspond à un rapport $(I + N)/N$ de 1,26, soit un critère de protection I/N d'environ -6 dB.

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 par impulsions 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, généralement asynchrones, qui ont souvent des effets importants sur l'impact de niveaux donnés de brouillage par impulsions. Plusieurs formes différentes de dégradation de la qualité de fonctionnement peuvent résulter d'une telle désensibilisation. Son évaluation sera un objectif pour l'analyse des interactions entre différents types de radars.

Annexe 2

Exemples de diagrammes de rayonnement d'antenne pour les types de radars définis dans le Tableau 1





M.2057-04