

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R M.2013**  
(01/2012)

**Caractéristiques techniques des systèmes  
de radionavigation aéronautique non-OACI  
fonctionnant au voisinage de 1 GHz et  
critères de protection applicables à ces  
systèmes**

**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
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	<b>Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	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, 2012

© UIT 2012

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.2013

**Caractéristiques techniques des systèmes de radionavigation aéronautique non-OACI fonctionnant au voisinage de 1 GHz et critères de protection applicables à ces systèmes**

(2012)

**Domaine d'application**

Cette Recommandation décrit les caractéristiques techniques des systèmes du service de radionavigation aéronautique (SRNA) non normalisés par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) fonctionnant au voisinage de 1 GHz et les critères de protection applicables à ces systèmes, à utiliser pour les études de compatibilité. Sont concernés les systèmes du SRNA non-OACI fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR et les systèmes TACAN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que le système de navigation aérienne tactique (TACAN, *tactical air navigation*) est un système de radionavigation aéronautique utilisé à l'échelle nationale qui fonctionne dans la bande 960-1 215 MHz;
- b) que le système TACAN est utilisé à la fois par des avions civils et par des avions d'Etat;
- c) que, lorsqu'il est utilisé par l'aviation civile, le système TACAN est équivalent sur le plan fonctionnel au système de mesure de distance (DME, *distance measuring equipment*) normalisé par l'OACI;
- d) qu'en plus des fonctionnalités offertes par le système DME, le système TACAN permet d'obtenir des informations sur le relèvement;
- e) que, du fait de cette fonctionnalité supplémentaire, certaines caractéristiques techniques diffèrent de celles du système DME et il se peut qu'un examen complémentaire soit nécessaire pour les futures études de compatibilité;
- f) que le système TACAN est également utilisé pour des applications à bord de navires ou air-air,

*notant*

- a) que, conformément à la Résolution 417 (CMR-07), la priorité doit être accordée au SRNA exploité dans la bande 960-1 164 MHz;
- b) que, d'après des études de l'UIT-R, la mise en œuvre du service mobile aéronautique (le long des routes) (SMA(R)) dans la bande 960-1 164 MHz nécessite de réaliser des études de compatibilité propres au site plus détaillées entre le système TACAN et les systèmes du SMA(R),

*recommande*

d'utiliser les caractéristiques et les critères de protection présentés dans les Annexes pour les études de compatibilité.

## Annexe 1

### Système de navigation aérienne tactique

Le système TACAN est un système de radionavigation aéronautique utilisé à l'échelle nationale qui fonctionne entre 960 et 1 215 MHz. Il est constitué d'un interrogateur installé à bord d'un aéronef et d'une balise qui donne les réponses. Dans la plupart des cas, les balises TACAN sont des installations fixes au sol mais des balises mobiles maritimes et des balises mobiles aéronautiques sont également utilisées. Suivant la p.i.r.e. produite et la conception de l'interrogateur, des distances obliques allant jusqu'à 400 milles nautiques (740 km) sont possibles mais, dans la pratique, la distance est limitée au trajet radioélectrique maximal en visibilité directe. L'unité à bord de l'aéronef émet des paires d'impulsions régulières, appelées impulsions d'interrogation, qui sont reçues par des installations au sol (balises). Les impulsions TACAN ont une largeur de 3,5  $\mu$ s à mi-amplitude. Dans une paire d'impulsions d'interrogation, les impulsions sont espacées de 12  $\mu$ s (canal X) ou de 36  $\mu$ s (canal Y). Après avoir reçu une paire d'impulsions d'interrogation, une station au sol détermine la forme et l'espacement des impulsions. Si ces paramètres respectent les limites d'acceptation, la station au sol émet une réponse après une durée fixée avec un décalage de fréquence de  $\pm 63$  MHz par rapport à la fréquence d'interrogation suivant le canal choisi pour le code d'impulsion. La balise applique un espacement entre les impulsions de réponse de 12  $\mu$ s (canal X) ou de 30  $\mu$ s (canal Y). Après avoir reçu la réponse, l'interrogateur calcule la valeur instantanée de la distance oblique qui le sépare de la balise en utilisant la durée écoulée entre l'émission de la paire d'impulsions d'interrogation et la réception de la paire d'impulsion de réponse.

La balise reçoit des interrogations en provenance de nombreux aéronefs et envoie donc de nombreuses réponses. Chaque interrogateur crée un motif unique en faisant varier, dans certaines limites, la durée entre les paires d'impulsions pour éviter de produire des réponses synchroniques. Grâce à ce principe, chaque plate-forme est capable de reconnaître parmi toutes les paires d'impulsions les réponses aux impulsions générées par son propre interrogateur.

Pour l'identification, une balise TACAN émet un code d'identification Morse. La tonalité d'identification est utilisée par les interrogateurs aéroportés pour vérifier si les indications de distance sont fournies par la bonne balise. Outre les impulsions de réponse, la réception correcte de la tonalité d'identification est également un élément important pour le bon fonctionnement des interrogateurs TACAN.

Le système TACAN permet non seulement de mesurer des distances mais aussi de fournir des informations sur le relèvement en azimuth. Pour fournir ces informations, les impulsions émises par la balise au sol sont modulées en amplitude, à l'aide d'une antenne à balayage mécanique ou électronique. La variation, dans le diagramme en azimuth, de la forme des lobes d'antenne à 15 Hz et 135 Hz pour l'indice de modulation maximal admissible de 55% réduit le niveau du signal des impulsions de réponse d'une valeur pouvant aller jusqu'à 10,7 dB au-dessous du niveau maximal de p.i.r.e. des impulsions non modulées en amplitude. Pour que l'interrogateur puisse décoder l'orientation du diagramme d'antenne par rapport au nord à partir des signaux modulés en amplitude, 900 autres paires d'impulsions, constituées d'un groupe d'impulsions de référence pour le nord et de groupes supplémentaires d'impulsions de référence fines, sont émises par la balise. Pour pouvoir obtenir des informations précises sur le relèvement et pouvoir répondre à au moins 100 aéronefs avec une efficacité des réponses de 70%, il faut émettre un nombre constant d'au moins 3 600 paires d'impulsions.

Le système TACAN est utilisé pour la navigation aéronautique à la fois pour les aéronefs d'Etat et pour l'aviation civile. Lorsqu'il est utilisé par l'aviation civile, le système TACAN est équivalent sur le plan fonctionnel au système DME normalisé par l'OACI. Les caractéristiques du système TACAN sont données dans le Tableau 1.

TABLEAU 1  
Caractéristiques types des stations TACAN

Elément	Unité	Systèmes de radiocommunication pour la navigation aérienne (960-1 215 MHz)				
Sens des transmissions radio		Terre-aéronef	Aéronef-Terre	Terre-aéronef maritime	Aéronef-Terre maritime	Aéronef-aéronef
Plage de fréquences de fonctionnement	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Distance de fonctionnement (trajets radioélectriques en visibilité directe uniquement)	(km)	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 600	Jusqu'à 740
Informations transmises		Signaux de réponse de distance et de relèvement, Informations d'identification	Signal de demande de distance et de relèvement	Signaux de réponse de distance et de relèvement, Identification	Signal de demande de distance et de relèvement	Signaux de réponse de distance et de relèvement, Identification
<b>Caractéristiques de l'émetteur</b>						
Nom de la station		Balise	Interrogateur	Balise	Interrogateur	Balise
Altitude au-dessus du sol	(m)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)	Jusqu'à 18 288 (60 000 pieds)
Type de signal		Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions
Espacement des canaux	(MHz)	1	1	1	1	1
Type de modulation		Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions	Forme d'impulsion et espacement des paires d'impulsions
Puissance de l'émetteur (d'impulsions)	(dBW)	39 (max)	33 (max)	39 (max)	33 (max)	33 (max)

TABLEAU 1 (*fin*)

Elément	Unité	Systèmes de radiocommunication pour la navigation aérienne (960-1 215 MHz)				
Longueur de l'impulsion	( $\mu$ s)	3,5 $\pm$ 0,5 (mi-amplitude)	3,5 $\pm$ 0,5 (mi-amplitude)	3,5 $\pm$ 0,5 (mi-amplitude)	3,5 $\pm$ 0,5 (mi-amplitude)	3,5 $\pm$ 0,5 (mi-amplitude)
Facteur d'utilisation type	(%)	2,52	0,105	2,52	0,105	0,735
Type d'antenne		Antenne-réseau circulaire	Equidirective	Antenne-réseau circulaire	Equidirective	Antenne-réseau circulaire
Gain d'antenne type	dBi	6	0	6	0	6
<b>Caractéristiques du récepteur</b>						
Station de réception		Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport ou en route	Stations d'aéronef	Station en mer	Station d'aéronef
Plage de fréquences de fonctionnement	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Altitude au-dessus du sol	(m)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)	3 (10 pieds)	Jusqu'à 20 880 (60 000 pieds)
Largeur de bande à 3 dB du récepteur	(MHz)	2	2-4,5	2	2-4,5	2-4,5
Gain d'antenne max/min	(dBi)	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0
Polarisation		Verticale	Verticale	Verticale	Verticale	Verticale
Sensibilité du récepteur	(dBW)	-122	-122	-122	-122	-122
Niveau de brouillage maximal acceptable compte tenu de la puissance reçue	(dBW)	-129	-130	-129	-130	-129

NOTE – Les rapports de protection indiqués dans le Tableau 1 ont été obtenus pour des signaux autres que des impulsions. Dans le cas d'impulsions, des études complémentaires sont nécessaires. A cet égard, les signaux dont la longueur de l'impulsion est supérieure à 50  $\mu$ s sont considérés comme des signaux continus et non comme des impulsions.

NOTE – Le gain d'antenne d'aéronef provient de la Recommandation UIT-R M.1642-1.

NOTE – Des mesures réalisées sur certains dispositifs TACAN ont montré que la sensibilité pour les mesures de distance et celle pour les mesures d'angle ne différaient que de 3 dB pour le récepteur de l'interrogateur TACAN (-90 dBm pour les mesures de distance et -87 dBm pour les mesures d'angle).

Les équipements TACAN installés, à la fois des stations au sol (balises) et des stations d'aéronef (interrogateurs), sont nombreux dans diverses administrations. Les caractéristiques techniques réelles des divers types d'équipement varient. Un facteur important, qui détermine l'effet des brouillages, est la courbe de sélectivité du récepteur. La Figure 1 représente les courbes de sélectivité du récepteur pour cinq types d'interrogateur TACAN. On constate que la sélectivité est très variable selon le type considéré. Dans les études de compatibilité, il convient de tenir compte de tous les types d'interrogateur TACAN afin de garantir une protection satisfaisante de cette application du service de radionavigation aéronautique (SRNA), y compris la fonctionnalité de détermination de la distance et de l'azimut.

La Figure 2 représente la courbe de sélectivité du récepteur d'une balise TACAN type. Cette sélectivité est pire que celle du récepteur des interrogateurs TACAN.

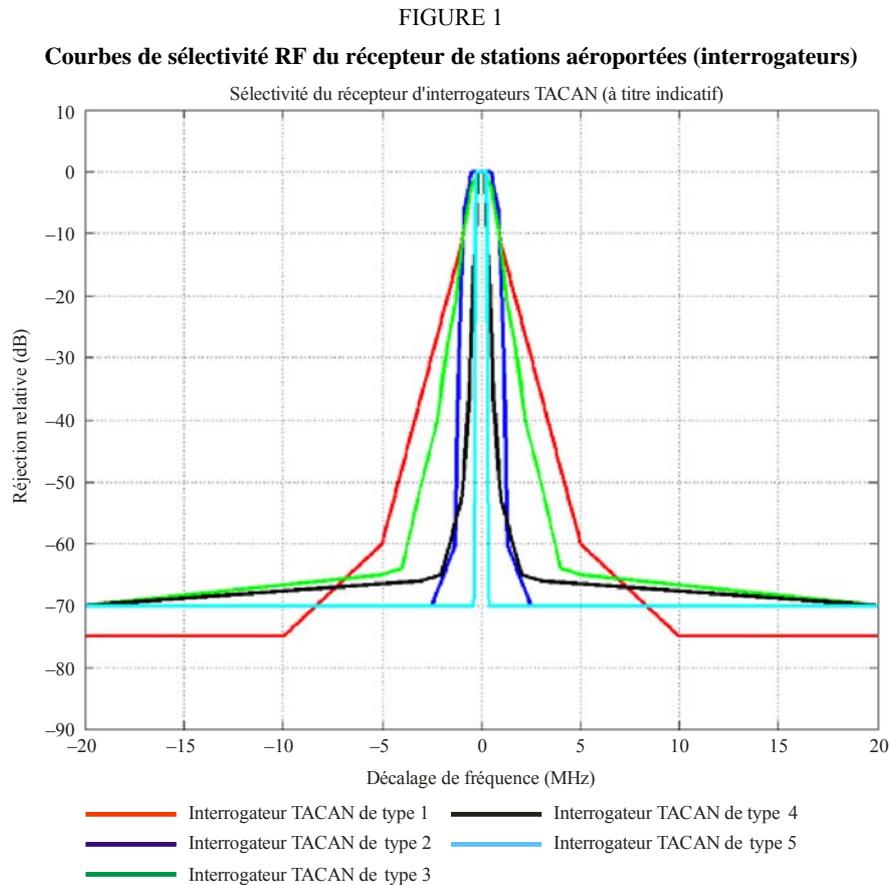
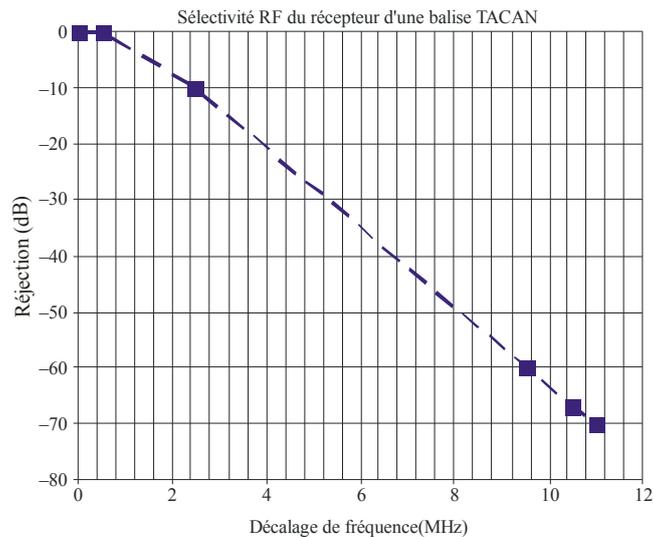


FIGURE 2

**Courbe de sélectivité RF du récepteur d'une station au sol (balise)**



## Annexe 2

### Systèmes de radionavigation aéronautique non-OACI fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR

Les systèmes de radionavigation aéronautique exploités par les pays visés au numéro 5.312 du RR appartiennent à l'un des trois types suivants:

- Type 1: les systèmes du SRNA du premier type sont des systèmes de radiogoniométrie et de télémétrie. Ils sont conçus pour la détermination d'un azimut et d'une distance oblique depuis un aéronef ainsi que pour la surveillance d'une zone et la navigation entre aéronefs. Ils sont constitués de stations aéroportées et de stations au sol. Les stations aéroportées génèrent des signaux de demande émis via des antennes équidirectives et reçus par des stations au sol du SRNA qui fonctionnent également en mode équidirectif. Les stations au sol génèrent et émettent des signaux de réponse contenant des informations d'azimut/de télémétrie. Ces signaux sont reçus et décodés par les stations aéroportées du SRNA. Les stations du premier type émettent les signaux demandant les données d'azimut/de télémétrie en dehors de la bande 960-1 164 MHz. Après avoir reçu un signal de demande, les stations au sol du SRNA utilisent la bande 960-1 164 MHz uniquement pour émettre les données de télémétrie à destination des stations aéroportées du SRNA. Les systèmes du SRNA du premier type utilisent donc la bande 960-1 164 MHz uniquement pour émettre les signaux dans le sens surface-air. La distance maximale de fonctionnement pour les systèmes du SRNA du premier type est de 400 km. Dans certains des pays visés au numéro 5.312 du RR, il est possible que l'utilisation de ces systèmes du SRNA de type 1 soit abandonnée.
- Type 2: les systèmes de radiogoniométrie et de télémétrie du SRNA du deuxième type sont conçus pour les mêmes missions que les systèmes du SRNA du premier type. La principale différence est que, pour les stations du deuxième type, les signaux de demande sont émis par les stations aéroportées dans la même bande de fréquences que les signaux de réponse émis par les stations au sol. De plus, les stations au sol du SRNA du deuxième type peuvent fonctionner à la fois en mode directif et en mode équidirectif. Le mode directif permet de

disposer d'un nombre accru de canaux opérationnels au niveau des stations du SRNA. La distance maximale de fonctionnement pour les systèmes du SRNA du premier type est de 400 km. Il est prévu d'utiliser la totalité de la bande 960-1 164 MHz attribuée au SRNA afin d'augmenter la souplesse de fonctionnement des systèmes du SRNA du deuxième type. L'utilisation d'un filtre de syntonisation à bande étendue dans l'étage d'entrée des récepteurs du SRNA, qui constitue la particularité de conception des systèmes du SRNA du deuxième type, tient à la nécessité de recevoir les signaux sur plusieurs canaux simultanément. La largeur de bande à 3 dB de ce filtre est de 22 MHz et elle permet de recevoir simultanément jusqu'à 5 canaux parmi 30 canaux de 4,3 MHz chacun qui se chevauchent. L'utilisation simultanée du filtre à bande étendue et d'un corrélateur permet d'accroître la précision de la mesure des données de position de l'aéronef et d'augmenter le rapport C/N dans l'étage d'entrée du récepteur. Les systèmes du SRNA de type 2 peuvent fonctionner dans un nombre limité de pays visés au numéro 5.312 du RR.

- Type 3: les systèmes du SRNA du troisième type sont conçus pour fonctionner lors des phases d'approche et d'atterrissage des vols. Ils assurent des fonctions de contrôle du cap, de la distance et de l'alignement de descente lors de l'approche et de l'atterrissage des aéronefs. Les stations au sol du SRNA du troisième type fonctionnent à la fois en mode directif et en mode équidirectif. La distance de fonctionnement des systèmes du SRNA du troisième type ne dépasse pas 60 km. La bande 960-1 164 MHz est utilisée pour les canaux destinés au contrôle de l'alignement de descente et de la distance entre une station du SRNA aéroportée et une station du SRNA au sol. Les systèmes du SRNA du type 3 peuvent fonctionner dans un nombre limité de pays visés au numéro 5.312 du RR.

Le Tableau 2 ci-dessous contient une brève description technique des stations du SRNA.

Les stations des systèmes non-OACI fonctionnent à l'aide des liaisons air-surface et surface-air reliant les récepteurs et les émetteurs au sol ou aéroportés.

TABLEAU 2

**Caractéristiques types des stations du SRNA fonctionnant dans les pays visés au numéro 5.312 du RR**

Caractéristiques des systèmes du SRNA		Type 1	Type 2		Type 3	
Élément	Unité	Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance	Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance		Systèmes radioélectriques pour l'approche et l'atterrissage	
Plage de fréquences de fonctionnement		960-1 000,5	960-1 164			
Sens de la liaison radioélectrique	(MHz)	Terre-aéronef	Terre-aéronef	Aéronef-Terre	Terre-aéronef	Aéronef-Terre
Distance de fonctionnement	(km)	Jusqu'à 400	Jusqu'à 400	Jusqu'à 400	Jusqu'à 45	Jusqu'à 45
Informations transmises		Transmission des signaux d'azimut, des signaux de réponse de distance et d'une demande d'indication	Transmission des signaux d'azimut, des signaux de réponse de distance et d'une demande d'indication	Transmission du signal de demande de distance et du signal de réponse d'indication	Transmission de signaux dans les canaux d'alignement de descente et d'alignement de piste et de signaux de réponse de distance	Transmission d'une demande de distance
<b>Caractéristiques de l'émetteur</b>						
Nom de la station		Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport	Station d'aéronef
Classe d'émission		700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X; 4M30P1N	700KP0X; 4M30P1N
Espacement des canaux	(MHz)	0,7	0,7	0,7	0,7	2
Type de modulation		Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions	Par impulsions
Puissance de l'émetteur (d'impulsions)	(dBW)	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
Facteur d'utilisation	(%)	0,018; 0,066	0,064 - 0,3	0,00765	0,04; 0,025	0,009
Puissance de sortie moyenne (min/max)	(dBW)	7,6/13,2	7,1/13,8	-8,2	-4/-6	-7,5

TABLEAU 2 (fin)

Caractéristiques des systèmes du SRNA		Type 1	Type 2		Type 3	
Élément	Unité	Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance	Systèmes radioélectriques pour la navigation à courte distance		Systèmes radioélectriques pour l'approche et l'atterrissage	
Longueur de l'impulsion	( $\mu$ s)	1,5; 5,5	1,25; 1,5; 5,5	1,5	1,7	1,7
Type d'antenne		Equidirective	Antenne-réseau	Equidirective	Antenne-réseau	Equidirective
Gain d'antenne max/min	(dBi)	<b>6/0</b>	15,6	3/-10	10/0	1,5/-3
Altitude au-dessus du sol	(m)	10	10	Jusqu'à 12 000	10	Jusqu'à 12 000
<b>Caractéristiques du récepteur</b>						
Station de réception		Station d'aéronef	Station d'aéronef	Stations au sol d'aéroport ou sur le trajet en route	Station d'aéronef	Station au sol d'aéroport
Altitude au-dessus du sol	(m)	Jusqu'à 12 000	Jusqu'à 12 000	10	Jusqu'à 12 000	10
Largeur de bande à 3 dB du récepteur	(MHz)	1,5	22	22	7	7
Température de bruit du récepteur, K	(K)	400	1 060	550	400	400
Gain d'antenne max/min	(dBi)	1,5/-3	3/-10	14	1,5/-3	10/0
Polarisation		Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Horizontale
Sensibilité du récepteur	(dBW)	-120	-118	-125	-110...-120	-113
Rapport de protection C/I	(dB)	25	17	20	25	25

NOTE – Les rapports de protection indiqués dans le Tableau 2 ont été obtenus pour des signaux autres que des impulsions. Dans le cas d'impulsions, des études complémentaires sont nécessaires. A cet égard, les signaux dont la longueur de l'impulsion est supérieure à 50  $\mu$ s sont considérés comme des signaux continus et non comme des impulsions.