

RECOMMANDATION UIT-R M.1639*

Critères de protection du service de radionavigation aéronautique vis-à-vis de l'ensemble des émissions des stations spatiales du service de radionavigation par satellite dans la bande 1 164-1 215 MHz

(2003)

Résumé

La présente Recommandation spécifie le niveau de puissance surfacique équivalente (epfd) qu'il convient de respecter pour protéger les stations du service de radionavigation aéronautique (SRNA) vis-à-vis des émissions des satellites de radionavigation de l'ensemble des systèmes du service de radionavigation par satellite (SRNS) émettant dans la bande 1 164-1 215 MHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'en vertu du Règlement des radiocommunications (RR), la bande 960-1215 MHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation aéronautique (SRNA) dans toutes les Régions de l'UIT;
- b) que la CMR-2000 a introduit une attribution coprimaire au service de radionavigation par satellite (SRNS) dans la bande 1 164-1 215 MHz (sous réserve des conditions spécifiées dans le numéro 5.328A du RR), avec une limite provisoire de la puissance surfacique totale produite par toutes les stations spatiales de tous les systèmes de radionavigation par satellite à la surface de la Terre, limite qui est de -115 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz et pour tout angle d'incidence;
- c) que la CMR-2000 a invité l'UIT-R à effectuer, sans attendre et à temps pour la CMR-03, les études techniques, opérationnelles et de réglementation nécessaires sur la compatibilité totale entre le SRNS et le SRNA, dans la bande 960-1 215 MHz, y compris une évaluation de la nécessité d'introduire une limite de puissance surfacique totale et la révision éventuelle de la limite de puissance surfacique provisoire énoncée dans le numéro 5.328A du RR concernant l'exploitation des systèmes du SRNS (espace-Terre) dans la bande de fréquences 1 164-1 215 MHz;
- d) que des analyses montrent que des signaux du SRNS dans la bande 1 164-1215 MHz peuvent être conçus de manière à ne pas brouiller les récepteurs des dispositifs de mesure de distance (DME) et TACAN du SRNA fonctionnant dans cette bande;
- e) que le SRNA est un service de sécurité en vertu du numéro 1.59 du RR et que les administrations doivent prendre des mesures spéciales pour protéger ces services contre les brouillages préjudiciables conformément au numéro 4.10 du RR;
- f) que la méthode de la puissance surfacique équivalente (epfd) évalue le brouillage produit par de nombreuses stations spatiales du SRNS dans les récepteurs du SRNA avec une plus grande précision que la méthode de la puissance surfacique totale;

* Il convient de porter cette Recommandation à l'attention de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

- g) que les trajets des signaux du SRNS (espace-espace et espace-Terre) en projet qui seront émis dans la bande 1 164-1 215 MHz auront leur origine dans les mêmes émissions des satellites du SRNS et qu'en conséquence le service SRNS (espace-espace) de tels systèmes n'élèvera pas le niveau d'epfd au-dessus de celui du service SRNS (espace-Terre);
- h) qu'il n'y a pas de projet connu de système du SRNS assurant exclusivement un service du SRNS (espace-espace) dans la bande 1 164-1 215 MHz et que la probabilité qu'un tel système soit introduit ultérieurement est jugée très faible;
- j) que la Recommandation UIT-R M.1480 contient la méthode et les caractéristiques de station SRNA de référence qu'il convient d'utiliser pour calculer l'epfd totale produite par les émissions de toutes les stations spatiales de tous les systèmes de radionavigation par satellite à toute station de radionavigation aéronautique,

recommande

1 que le niveau maximum acceptable d'epfd produite par l'ensemble des stations spatiales de tous les systèmes du SRNS, calculé comme indiqué dans l'Annexe 1, ne dépasse pas $-121,5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ afin de protéger le SRNA dans la bande 1 164-1 215 MHz.

Annexe 1

Calcul du critère de protection globale

La présente Annexe traite du niveau d'epfd de l'ensemble des émissions du SRNS depuis l'espace dans la bande 1 164-1 215 MHz, de type espace-Terre ou espace-espace, nécessaire pour protéger le SRNA.

1 Définition d'epfd

La présente définition est basée sur le numéro 22.5C du RR tel qu'il a été adopté à la CMR-2000.

Lorsqu'une antenne reçoit simultanément, dans sa largeur de bande de référence, le signal de plusieurs émetteurs situés à diverses distances, dans diverses directions et avec divers niveaux de puissance surfacique incidente, l'epfd est la puissance surfacique qui, si elle provenait d'un émetteur unique situé à grande distance de l'antenne dans la direction du gain maximal, produirait la même puissance à l'entrée du récepteur que celle qui est effectivement reçue depuis l'ensemble des émetteurs.

L'epfd instantanée est calculée au moyen de la formule suivante:

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right]$$

où:

- N_a : nombre de stations spatiales visibles depuis la station de réception
- i : indice de la station spatiale considérée
- P_i : puissance RF à l'entrée de l'antenne (ou puissance rayonnée RF dans le cas d'une antenne active) de la station spatiale d'émission (dB(W/MHz))
- θ_i : angle hors axe entre l'axe de visée de la station spatiale d'émission et la direction de la station de réception

- $G_t(\theta_i)$: gain (sous forme d'un rapport) de l'antenne d'émission de la station spatiale dans la direction de la station de réception
- d_i : distance (m) entre la station d'émission et la station de réception
- φ_i : angle hors axe entre la direction de pointage de la station de réception et la direction de la station spatiale d'émission
- $G_r(\varphi_i)$: gain (sous forme d'un rapport) de l'antenne de la station de réception dans la direction de la station spatiale d'émission (voir la Recommandation UIT-R M.1480)
- $G_{r,max}$: gain maximal (sous forme d'un rapport) de l'antenne de la station de réception
- $epfd$: puissance surfacique équivalente instantanée (dB(W/(m² · MHz))) à la station de réception.

NOTE 1 – On suppose que chaque émetteur est situé dans le champ lointain du récepteur (c'est-à-dire à une distance supérieur à $2D^2/\lambda$, où D est le diamètre apparent de l'antenne du récepteur et λ la longueur d'onde d'observation). Dans le cas présent, ces hypothèses seront toujours satisfaites.

2 L'epfd totale maximale (tous systèmes du SRNS) à respecter pour protéger le SRNA

Les paramètres du Tableau 1 déterminent le niveau d'epfd auquel un équipement du service SRNA sera protégé vis-à-vis des émissions du SRNS dans la bande 1 164-1 215 MHz.

TABLEAU 1

Niveau d'epfd totale maximale acceptable pour protéger le SRNA vis-à-vis du SRNS

	Paramètre	Valeur	Référence
1	Seuil de brouillage entre DME et SRNS (au port d'antenne)	-129 dB(W/MHz)	(voir la Note 1)
2	Gain maximum d'antenne de DME ou TACAN, y compris désaccord de polarisation	3,4 dBi	(gain d'antenne 5,4 dBi, désaccord de polarisation -2 dB)
3	Surface apparente d'antenne 0 dBi à 1 176 MHz	-22,9 dB(m ²)	
4	epfd totale du SRNS (tous systèmes) dans 1 MHz	-109,5 dB(W/(m ² · MHz))	Combinaison de 1, 2 et 3 (1 moins 2 moins 3)
5	Marge de sécurité	6 dB	Recommandation UIT-R M.1477
6	Répartition du brouillage par le SRNS entre toutes les sources de brouillage	6 dB	Répartition de 25% du brouillage total acceptable par le SRNS
7	epfd totale maximale du SRNS	-121,5 dB(W/(m ² · MHz))	Combinaison de 4, 5 et 6 (4 moins 5 moins 6)

NOTE 1 – Cette valeur est basée sur un seuil de brouillage de -129 dBW de type onde entretenue spécifié pour les systèmes DME internationaux utilisés dans l'aviation civile. Les mesures ont montré qu'un signal de SRNS étalé sur 1 MHz aurait le même effet qu'un signal d'onde entretenue sur la qualité de fonctionnement du système DME (voir le § 2.1).

2.1 Comparaison des effets d'un signal brouilleur de type onde entretenue et d'un signal brouilleur de type SRNS sur les récepteurs de bord DME et TACAN

2.1.1 Sensibilité des récepteurs DME au brouillage produit par des signaux du SRNS (signaux à spectre étalé)

Des signaux de répondeur de système DME au sol ayant une valeur de crête de -83 dBm ont été utilisés comme signal utile au niveau des divers interrogateurs et récepteurs DME.

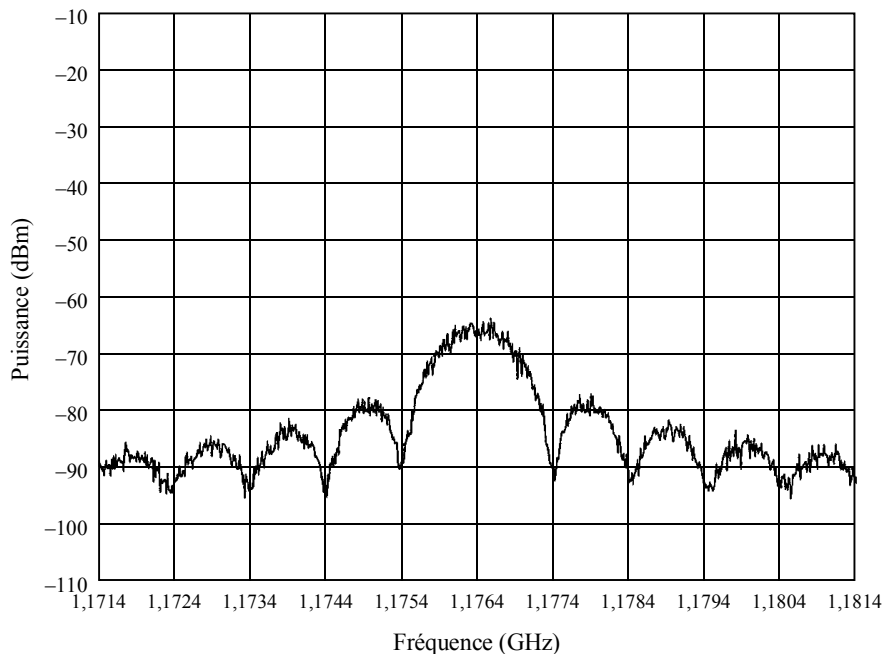
La puissance totale de la source de brouillage à bande étroite (voir la Fig. 1) ou à large bande (voir la Fig. 2) a été mesurée dans une largeur de bande de 650 kHz, et la variation de la qualité de fonctionnement d'un équipement DME en fonction de signaux de type onde entretenue et de signaux de type SRNS a été déterminée pour un certain nombre de systèmes DME de conception différente et un certain nombre de même type. Ces DME étaient des appareils destinés aux aéronefs commerciaux, grands et petits.

La forme des signaux brouilleurs utilisés dans ces tests est montrée dans les Fig. 1 et 2.

Dans le cas de la Fig. 1, la source de brouillage était produite par un simulateur de signal SRNS qui reproduisait exactement la structure du signal et le signal de fréquence d'un système SRNS existant. Cette émission d'accès multiple par répartition en code (AMRC) pseudo-aléatoire à 1,023 Mélément/s était traduite en fréquence de réception du DME soumis à l'essai. La gamme de signaux brouilleurs à bande étroite du SRNS (mesurés dans une bande de 650 kHz) appliquée aux DME s'étendait de -83 à -94 dBm.

FIGURE 1

Exemple de signal à bande étroite du SRNS traduit à 1 176,45 MHz



Largeur de bande de résolution = 100 kHz

Largeur de bande vidéo = 100 kHz

Balayage = 0,05 s

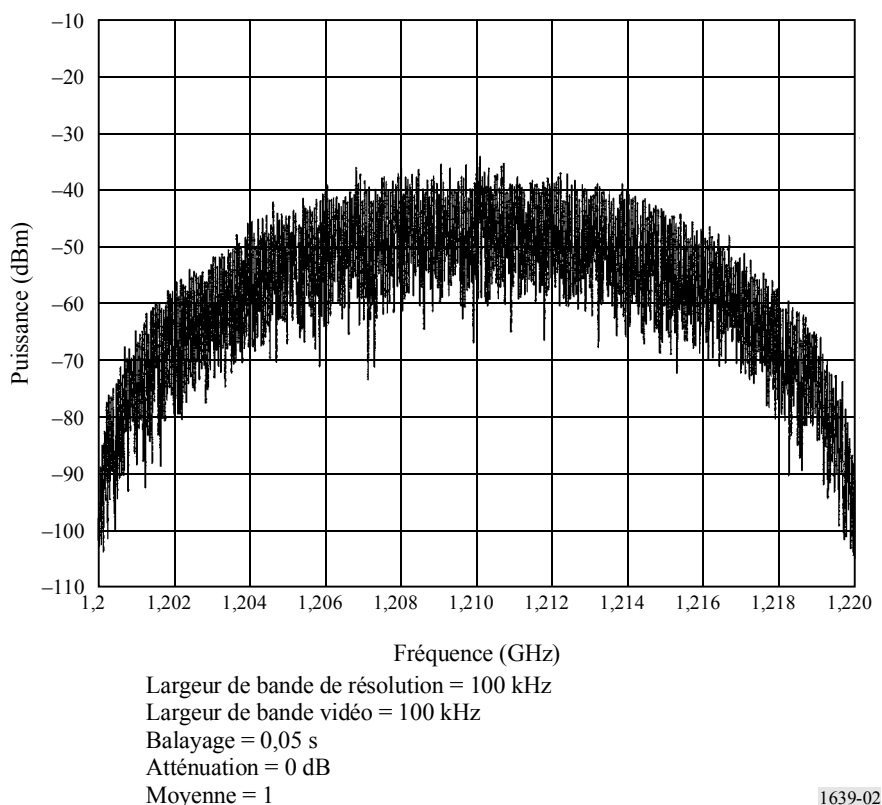
Atténuation = 0 dB

Moyenne = 10

1639-01

Dans le cas de la Fig. 2, la source de brouillage était produite par un générateur de signal numérique produisant une émission ARMC pseudo-aléatoire de 10,23 Mélément/s, analogue à celle proposée par le SRNS dans la bande 1 164-1 215 MHz. Le signal était appliqué directement au DME de réception soumis à l'essai. La gamme de signaux brouilleurs à large bande du SRNS (mesurés dans une bande de 650 kHz) appliquée aux DME s'étendait de -81 à -93 dBm.

FIGURE 2
Exemple de signal à large bande du SRNS



2.1.2 Résultats des mesures par le SRNS (équivalent d'une onde entretenue)

Les mesures ont montré qu'un signal du SRNS étalé sur 1 MHz aurait le même effet qu'un signal de type onde entretenue sur la qualité de fonctionnement du DME. Une variation des mesures d'environ ± 1 dB a été constatée ainsi qu'une variation de la qualité de fonctionnement d'environ ± 3 dB entre les différents DME.

2.2 Discrimination de polarisation circulaire obtenue par l'antenne du système DME

Une antenne de DME à polarisation verticale linéaire devrait recevoir -3 dB de l'ensemble du signal du SRNS à polarisation circulaire. Toutefois, les émissions du SRNS sont observées dans les lobes latéraux et non dans le faisceau principal d'une antenne DME, où le désaccord de polarisation est moins susceptible de se produire. Quelques mesures récentes effectuées sur des antennes de DME d'aéronef étaient de $-2,5$ dB, alors que d'autres expériences sur le désaccord de polarisation dans le contexte d'aéronefs ont permis d'observer des facteurs de 0 dB. Pour cette raison, il a été jugé utile de partir de l'hypothèse d'un désaccord de polarisation de -2 dB pour des signaux à polarisation circulaire du SRNS vers une antenne de DME. En conséquence, il convient d'ajouter cette valeur au gain d'antenne maximal effectif pour déterminer le gain d'antenne maximal du récepteur du SRNA compte tenu du désaccord de polarisation.

2.3 Répartition de brouillage total acceptable par les DME entre les émetteurs du SRNS

Le facteur retenu, 6 dB, pour la répartition du niveau de brouillage total maximal permis par toutes les sources du brouillage total maximal acceptable du SRNS fait apparaître qu'il existe une possibilité de brouillage par d'autres DME dans la même bande de fréquences, par les rayonnements non essentiels et les rayonnements hors bande d'autres systèmes du SRNA et du service mobile aéronautique par satellite (SMAS) aéroportés ainsi que par les bandes adjacentes du SRNA. Les systèmes du SRNA de bord sont notamment les transpondeurs-radars de surveillance secondaire, les systèmes anticollision embarqués et d'autres interrogateurs DME, ainsi que des terminaux embarqués de satellites du SMAS. Les sources de brouillages des bandes adjacentes sont celles des services radar de radiolocalisation à grande puissance fonctionnant immédiatement au-dessus de 1 215 MHz et des émetteurs du service de radiodiffusion fonctionnant au-dessous de 960 MHz.
