

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2046
(12/2013)

**Caractéristiques et critères de protection
des systèmes à satellites non
géostationnaires du service mobile
par satellite fonctionnant dans la
bande 399,9-400,05 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, 2014

© UIT 2014

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.2046

**Caractéristiques et critères de protection des systèmes à satellites
non géostationnaires du service mobile par satellite
fonctionnant dans la bande 399,9-400,05 MHz**

(2013)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit un système du service mobile par satellite qui utilise la bande 399,9-400,05 MHz (Terre vers espace), et spécifie les critères de protection de ce système contre le bruit large bande et le brouillage à bande étroite.

L'Assemblée mondiale des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz est attribuée au service mobile par satellite (SMS);
- b) que l'utilisation de la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz par le SMS est limitée aux systèmes à satellites non géostationnaires (non OSG);
- c) que la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz est, de plus, attribuée au service de radionavigation par satellite;
- d) que l'attribution de la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz au service de radionavigation par satellite est effective jusqu'au 1er janvier 2015;
- e) que de futurs systèmes du SMS peuvent être déployés dans cette bande;
- f) que ces futurs systèmes doivent en conséquence être décrits;
- g) que des critères de protection doivent être établis afin que les objectifs de qualité de fonctionnement souhaitables puissent être respectés en présence de brouillage,

recommande

1 que l'analyse effectuée pour déterminer les incidences sur les systèmes à satellites non géostationnaires du SMS fonctionnant dans la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz utilise les critères de protection suivants:

- un niveau maximal admissible de densité spectrale de puissance surfacique (spfd) cumulative de $-197,9 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ au niveau de l'antenne d'un système à satellites non géostationnaires du SMS ARGOS4 pour le brouillage large bande du au bruit (voir l'Annexe 1);
- un niveau maximal de puissance surfacique de $-165,4 \text{ dB(W/m}^2)$ dans une largeur de bande de résolution de 19 Hz au niveau de l'antenne d'un système à satellites non géostationnaires du SMS ARGOS4 pour chaque brouillage à bande étroite (voir l'Annexe 1);

2 que les critères de protection définis au point 1 du *recommande* ne soient pas dépassés pendant plus de 1% du temps dans le champ de vision du satellite du SMS.

Annexe 1

Systeme ARGOS4

1 Description et caractéristiques du système ARGOS4 du SMS

Le système de collecte de données ARGOS utilise la bande 399,9-400,05 MHz pour la liaison montante et transmet des signaux à modulation par déplacement de phase (MDP), codage Manchester sous phase, par l'intermédiaire de satellites en orbite terrestre basse, avec un débit de 400 bit/s. La plate-forme de collecte de données (DCP) utilise le plus souvent une antenne à faible gain (5 dBi maximum pour un angle d'élévation de 40°).

Le processeur du système de collecte de données à bord du satellite démodule les données recueillies par la plate-forme de collecte de données en liaison montante, multiplexe ces données avec les autres données de télémétrie recueillies pendant la mission et transmet les données numériques correspondantes vers la station au sol dans les bandes 1 670-1 710 MHz, 7 750-7 850 MHz et 8 025-8 400 MHz. En outre, une liaison descendante est mise en oeuvre à 465,9875 MHz pour envoyer des messages spécialisés à la plate-forme de collecte de données.

Etant donné que la démodulation des données recueillies par le système de collecte se fait à bord du satellite, il est possible dans l'analyse de la qualité de fonctionnement d'analyser séparément la liaison descendante et la liaison montante.

Le système Argos prend en charge divers types d'applications d'utilisateur avec diverses plates-formes de collecte de données utilisant différentes puissances en sortie et différents types d'antenne (antenne fouet la plupart du temps). Dans ces conditions, la puissance reçue d'une plate-forme de collecte de données sera différente de celle reçue d'une autre plate-forme de collecte de données étant donné que cette puissance dépend de l'environnement et du type de technologie d'antenne qui est effectivement utilisé sur la plate-forme.

2 Critères de protection applicables au système à satellites non géostationnaires ARGOS4 dans la bande 399,9-400,05 MHz pour protéger ce système contre les émissions brouilleuses dues au bruit large bande

2.1 Calcul du niveau seuil de brouillage en termes de densité spectrale de puissance surfacique

Tout bruit large bande supplémentaire introduit dans le récepteur ARGOS4 à bord du satellite aura pour effet d'augmenter le taux d'erreurs sur les bits (TEB) du système, ce qui aura des conséquences négatives sur la qualité de fonctionnement requise de ce système. La présente analyse permet de déterminer la puissance surfacique maximale acceptable associée au bruit large bande sur le canal en liaison montante du système ARGOS4 du SMS.

Dans le Tableau 1, les spécifications du diagramme de gain de l'antenne de réception sont données par rapport au nadir:

TABLEAU 1
Diagramme de gain de l'antenne de réception

Nadir du satellite	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Gain en polarisation circulaire dextrogyre	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Gain en polarisation circulaire lévogyre	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Taux d'ellipticité (voir Note 1)	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

NOTE 1 – Le taux d'ellipticité est le rapport des longueurs du grand axe et du petit axe de l'ellipse de polarisation.

Les valeurs types pour le système ARGOS4 sont les suivantes: facteur de bruit = 3 dB, température du bruit de fond pour le cas le plus défavorable = 1 200 K (la valeur mesurée tient compte du bruit industriel en Europe), affaiblissement entre l'antenne et le récepteur ARGOS4 = 1,6 dB. Ainsi, la température de bruit du système à l'entrée du récepteur ARGOS4 est égale à 1214 K et la densité spectrale de bruit est donc égale à $N_0 = -197,8$ dB(W/Hz).

Il ressort des spécifications pour le cas le plus défavorable que le système ARGOS4 est conçu pour fonctionner correctement lorsque la puissance du signal reçu, C , mesurée à l'entrée du récepteur est égale à -160 dBW (niveau minimal du signal reçu), ce qui donne un rapport équivalent $E_b/N_0 = 8,3$ dB dans le détecteur de bits du système ARGOS si l'on tient compte de la forme d'onde de la balise et des divers affaiblissements.

Par conséquent, pour obtenir un TEB de 2×10^{-4} qui correspond à un rapport minimal E_b/N_0 de 8 dB, la dégradation maximale acceptable est de 0,3 dB.

Nous calculons ensuite le bruit supplémentaire correspondant à la dégradation de 0,3 dB du rapport C/N_0 . I_0 représente la densité de puissance de bruit supplémentaire. Le bruit initial N_0 devient $N_0 + I_0$. Le rapport signal/bruit C/N_0 devient $C/(N_0 + I_0)$. La dégradation étant de 0,3 dB = $10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0)))$, $I_0/N_0 = -11,5$ dB et $I_0 = -209,3$ dB(W/Hz), ce qui correspond à une température de 86 K, soit une augmentation de 7% de la température de bruit du système à l'entrée du récepteur. En conséquence, le niveau maximal admissible de la densité de bruit est $I_0 = -209,3$ dB(W/Hz).

Comme indiqué auparavant, la densité de bruit, I_0 , tient compte de l'affaiblissement et du gain d'antenne. Etant donné que l'on doit connaître la spfd, il faut convertir cette valeur en dB(W/(m² · Hz)). La surface apparente d'une antenne ayant un gain G est:

$$S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

En prenant en compte le plus grand angle du satellite par rapport au nadir (62°), la surface de l'antenne est égale à 0,105 m² ou $-9,8$ dB m². La spfd correspondante est donc égale à $-209,3 + 1,6$ (affaiblissements) – $10 \log_{10} S = -197,9$ dB(W/(m² · Hz)).

Le niveau maximal de brouillage dû au bruit large bande dans la bande 399,9-400,05 MHz ne doit pas dépasser $-197,9 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ pour protéger le système ARGOS4.

Habituellement, la largeur de bande d'une transmission du système ARGOS4 est de 1 600 Hz. Par conséquent, la limite de puissance surfacique correspondante est de $-165,8 \text{ dB(W/m}^2)$.

2.2 Calcul des objectifs de qualité de fonctionnement

La Recommandation UIT-R M.1475 – «Méthode de calcul des objectifs de qualité de fonctionnement des systèmes du service mobile par satellite non géostationnaires exploités dans la bande 1-3 GHz et n'utilisant pas la diversité de satellite» décrit une méthode pour calculer les tolérances en ce qui concerne la durée d'indisponibilité pour les liaisons de service et les liaisons de connexion.

Pour les liaisons de service, il est proposé que les tolérances en ce qui concerne la durée d'indisponibilité ne soient pas supérieures à $0,9 X (\%)$, X représentant le TEB en % (par exemple 0,1%, 1%, 10%, etc.) d'une liaison non OSG du SMS donnée. Etant donné que la limite de puissance surfacique proposée est basée sur un TEB de 2×10^{-4} , il en résulte que les tolérances en ce qui concerne la durée d'indisponibilité ne devraient pas dépasser $1,8 \times 10^{-2} \%$. Par conséquent, une tolérance en matière de temps d'indisponibilité moins stricte de 1% est indiquée au point 2 du *recommande*.

3 Critères de protection applicables au système à satellites non géostationnaires ARGOS4 dans la bande 399,9-400,05 MHz pour protéger ce système contre les émissions brouilleuses à bande étroite

3.1 Critères de protection contre les émissions à bande étroite

Pour mieux comprendre les raisons motivant cette spécification, il faut brièvement rappeler le fonctionnement du récepteur.

Les émissions du système ARGOS4 du SMS commencent lorsqu'une porteuse non modulée est émise pendant 160 ms pour permettre à une boucle à verrouillage de phase de se verrouiller plus facilement sur la porteuse. La Fig. 1 représente le format des messages du système ARGOS4.

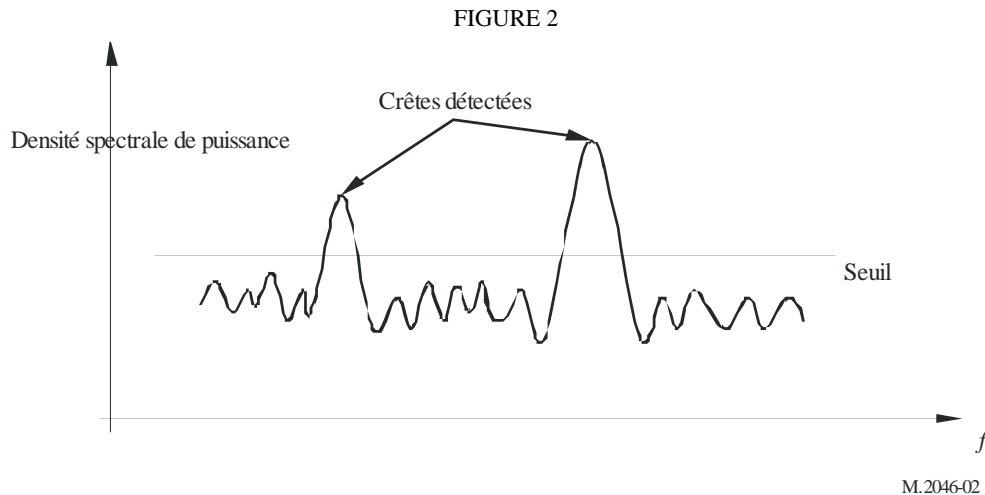
FIGURE 1

Format des messages du SMS

Porteuse émise pendant 160 ms	Bits de synchronisation	Bits relatifs au contenu du message
-------------------------------	-------------------------	-------------------------------------

M.2046-01

Un analyseur de spectre au niveau du récepteur surveille en permanence la largeur de bande pour toute la couverture considérée afin de rechercher la porteuse pure des émissions du système du SMS. Lorsqu'il détecte cette porteuse, l'analyseur de spectre considère qu'il s'agit du début d'un message du SMS. Cette théorie est fondée sur la détection d'une onde porteuse pure (onde sinusoïdale) dans un environnement avec bruit blanc gaussien supplémentaire. La densité spectrale de puissance du signal reçu (porteuse pure + bruit) est calculée à l'aide de techniques de type Transformée rapide de Fourier et chaque signal dont la puissance dépasse le niveau de seuil du système est traité comme s'il s'agissait d'une balise de détresse du SMS (voir la Fig. 2).



Les processeurs à bord du récepteur ARGOS4 sont donc conçus pour détecter des composantes spectrales discrètes (porteuse de la balise non modulée) et la largeur de bande de résolution correspondante est de 19 Hz. Les signaux dont la puissance dépasse le niveau de seuil sont assignés à une unité de récupération de données (DRU, *data recovery unit*) embarquée, pour traitement supplémentaire et transmission vers la Terre sur le canal de télémétrie prévu pour la mission

Afin de satisfaire aux exigences de qualité de fonctionnement, en termes de probabilité de détection, du système ARGOS4 pour une large gamme d'applications d'utilisateur, le récepteur ARGOS4 a été conçu pour détecter et traiter des signaux extrêmement faibles. Cet instrument fonctionne de telle manière que tout signal, C_{min} , dont la puissance est supérieure de 21 dB(Hz) au niveau de la densité de bruit local ($C_{min}/N_0 > 21$ dB(Hz)) sera assigné à une unité DRU pour traitement complémentaire. En conséquence, les signaux brouilleurs en bande étroite qui satisfont à ces critères se verront attribuer une unité DRU, de sorte que la qualité de fonctionnement du système ARGOS, en termes de capacité (nombre de messages collectés simultanément par le système de collecte de données pouvant être traités par exemple), sera gravement détériorée.

Pour le système ARGOS, les valeurs types sont les suivantes: facteur de bruit = 3 dB (valeur type du système ARGOS4); température du bruit de fond pour le cas le plus défavorable = 1 200 K; affaiblissement entre l'antenne et le récepteur = 1,6 dB. La température de bruit du système à l'entrée du récepteur est donc égale à 1 214 K, de sorte que la densité spectrale de bruit est égale à $N_0 = -197,8$ dB(W/Hz).

Etant donné que le rapport $C_{min}/N_0 = 21$ dB(Hz), $C_{min} = -176,8$ dBW. En conséquence, tout rayonnement non essentiel en bande étroite dont le niveau est supérieur à $-176,8$ dBW à l'entrée du récepteur ARGOS4 entraînera une dégradation de la capacité du système.

Il faut donc calculer le niveau maximal admissible du brouillage à bande étroite à l'entrée de l'antenne du système ARGOS4.

Dans le Tableau 1, les spécifications du diagramme de gain de l'antenne de réception du système ARGOS4 sont données par rapport au nadir (voir § 2.1 ci-dessus).

En conséquence, la puissance maximale admissible dans le récepteur et avant l'antenne est égale à $-176,8 + 1,6$ (affaiblissements) = $-175,2$ dBW. Etant donné que l'on doit connaître la puissance surfacique, il faut convertir cette valeur en dB(W/m²). On utilise le plus grand angle du satellite par rapport au nadir pour obtenir un gain d'antenne de 3,85 dBi et cette valeur est transformée en une surface apparente, selon la formule $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$. En conséquence, la puissance surfacique correspondante est égale à $-175,2 - 10 \log_{10} S = -165,4$ dB(W/m²).

3.2 Conclusion

Les calculs ci-dessus permettent de formuler les conclusions et recommandations suivantes: les émissions spectrales brouilleuses cumulées en bande étroite ne doivent pas être supérieures à $-165,4 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ à l'entrée de l'antenne du système ARGOS4 dans la bande de fréquences 399,9-400,05 MHz, pour une largeur de bande de résolution de 19 Hz.
